COLUMBIA LIBRARIES OFFSITE
HEALTH SCIENCES STANDARD
HX00024503

QP471 B78

COLUMBIA UNIVERSITY
DEPARTMENT OF PHYSIOLOGY
THE JOHN G. CURTIS LIBRARY

Digitized by the Internet Archive
in 2010 with funding from
Columbia University Libraries

http://www.archive.org/details/untersuchungen00bt

Untersuchungen

über die

physiologischen Functionen der Peripherie

der Netzhaut.

Von

Richard Butz.

Dorpat.
Druck von H. Laakmann's Buch- und Steindruckerei
1883

Untersuchungen

über die

physiologischen Functionen der Peripherie

der Netzhaut.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines

Doctors der Medicin

verfasst und mit Bewilligung

Einer Hochverordneten Medicinischen Facultät der Kaiserl. Universität zu Dorpat

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

Richard Butz.

Ordentliche Opponenten:

Prof. Dr. **H. Meyer.** — Prof. Dr. **L. Stieda.** — Prof. Dr. **E. Raehlmann.**

Dorpat.

Druck von H. Laakmann's Buch- und Steindruckerei.

1883.

QP 479
B92

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät

Dorpat, den 20. April 1883

Nr. 157.

Decan Stieda.

Meinen Eltern

IN LIEBE UND DANKBARKEIT

gewidmet.

Berichtigungen

Pg.	21	oben	statt	80.65 lies 80 3
,,	41	,,	,,	9.11 lies 11.
,,	41	unten	,,	25 lies 21.4
,,	78	oben	,,	Nachbildung lies Nachbilder.
,,	89	unten	,,	Centrum lies Centrum
				25 25
				25 21
				etc. etc.
,,	89	,,	,,	60° ,, 60°
				16 17
				16 16
				etc. etc.
,,	89	,,	,,	16' ,, 16 2°
,,	125	,,	,,	11 lies 5) 11
				2 6
				3 5 3 5
,,	127	,,	,,	Spectrales Roth lies Spectrales Grün
,,	128	oben	,,	,, ,, ,,

Allen meinen hochverehrten Lehrern, in's Besondere Herrn Prof. Dr. Raehlmann unter dessen freundlichen Auspicien diese Arbeit entstand, sage ich meinen besten Dank.

Einen grossen Theil der Untersuchungen, über welche die vorliegende Schrift berichtet, unternahm ich im Jahre 1880, als ich die von der medicinischen Facultät hiesiger Universität aufgestellte Preisaufgabe: »Untersuchungen über die physiologischen Functionen der Peripherie der Netzhaut,« bearbeitete.

Im Laufe der Zeit hatte ich Gelegenheit einerseits meine früheren Angaben zu prüfen, andererseits den schon bekannten, neue Untersuchungen anzureihen.

Vorliegende Schrift enthält die der medicinischen Facultät eingereichte und von dieser des Preises für würdig befundene Arbeit mit den Zusätzen und Veränderungen, zu denen die seither erschienene Literatur und neue Untersuchungen die Veranlassung gaben. — Sie ist hervorgegangen aus der Universitätsaugenklinik des Herrn Prof. Raehlmann.

Einleitung.

Bekanntlich lösen gewisse Vorgänge in der Sehsubstanz, mögen sie nun chemischer oder physikalischer Natur sein, bestimmte Empfindungen aus. — Welcher Art nun diese Vorgänge, diese Veränderungen sind, die auf Wirkungen der Lichtwellen beruhen, nach dem heutigen Stand unserer Wissenschaft vermögen wir sie nicht zu ergründen. — Wir können nur die Endresultate der in der Nervensubstanz eingeleiteten Processe, die Empfindungen beobachten und analysiren. Es ist aber a priori nicht möglich von den Empfindungen einen Schluss auf die Vorgänge in der Nervensubstanz zu machen.

Die Methode der Untersuchung ist die sogenannte subjective, die in der unmittelbaren Selbstbeobachtung besteht.

Die Schwierigkeiten, die dem Anfänger namentlich sich entgegenstellen, sind keineswegs geringe. Ist man doch nicht gewohnt im Alltagsleben Rechenschaft sich abzulegen über die Bedingungen unter denen die eine oder die andere Erscheinung zu Stande kommt, die oder jene Empfindung ausgelöst wird.

Da es fast ausschliesslich unser eigenes Sehorgan ist, welches wir bei den einzelnen Versuchen berücksichtigen, so kann diese Methode selbstverständlich keine präcise ge-

nannt werden; leidet sie doch an einem wesentlichen aber auch unvermeidlichen Uebelstande, sofern die Endresultate bei den Beobachtungen keineswegs constante, sondern durch individuelle Eigenthümlichkeiten im Bau der Sehapparate etc. grossen Schwankungen unterworfen sind.

Auf diese Weise sind wir auf die Aussagen der einzelnen Beobachter beschränkt, ohne in vielen Fällen dieselben selbst controlliren zu können, wenigstens nicht in dem Masse, wie es vielleicht wünschenswerth erscheinen könnte. Sind doch die Bedingungen, unter denen wir beobachten auch bei derselben Methode der Untersuchung keineswegs dieselben. Damit nun die Behauptungen eines Autors bleibenden Werth erlangen, müssen Mehrere dieselben Versuche wiederholen und erforschen, ob übereinstimmende Resultate hiebei erzielt werden. Liegen dann mehrere Bestätigungen eines Fundes vor, so gewinnt die betreffende Aussage an Wahrscheinlichkeit resp. an wissenschaftlichem Werthe.

Bei den Untersuchungen, die ich bei Bearbeitung des vorliegenden Thema's anstellte, konnte ich selbstverständlich die Thatsachen nur so anführen, wie sie meinen Augen erschienen. Für Manches existirt also kein andrer Beweis, als der der Selbstbeobachtung, hat somit zunächst nur individuelle Giltigkeit.

Da die Resultate jeder Einzelbeobachtung in hohem Grade von dem jedesmaligen Verhalten des Sehapparates einerseits, und dem allgemeinen Gemüthszustande des Beobachters andrerseits abhängen, so sind mehrere solcher Beobachtungen erforderlich, aus denen dann das Mittel zu ziehen ist.

Letztere Methode, die Methode der Eliminirung des mittleren Fehlers, hat auch durchweg bei meiner Arbeit Anwendung gefunden.

Manches, ja sogar Vieles wird keineswegs neu sein, doch glaube ich auch in dem Falle nicht umsonst gearbeitet zu haben; wird doch, wo widersprechende Meinungen unter den Autoren herrschen, die eine oder die andere Frage der endgiltigen Entscheidung näher gebracht

Auch war es meine Absicht auf einem Gebiete, wo nur einzelne Capitel gewissermassen von verschiedenen Autoren berücksichtigt worden sind, auf Grund eigener Beobachtungen etwas Einheitliches zu liefern. Dass mir solches keineswegs vollkommen gelungen, bin ich mir wohl bewusst.

Denn es ist ein weitumfassendes Thema, das dem Bearbeiter hier vorgelegt ist. — Wollte man dasselbe erschöpfen, es wären nicht Monate sondern Jahre gewissenhafter Arbeit dazu erforderlich.

Die mannigfachen Arbeiten, die in der letzten Zeit namentlich auf diesem Gebiete erschienen sind und noch erscheinen, beweisen zur Genüge die Wichtigkeit der Fragen, die gelöst werden sollen.

Der practische Augenarzt begnügt sich nicht mehr mit der Untersuchung der Sehschärfe; er prüft auch den Farbensinn und den Perimeter wird er in seinem Studirzimmer wohl kaum entbehren können.

Bei den vorliegenden Untersuchungen hat die Netzhautperipherie fast ausschliesslich Berücksichtigung gefunden. In der Natur der Sache lag es, das Centrum hiebei nicht ganz zu vernachlässigen. — Es galt einen Vergleich zwischen den Functionen der Netzhautperipherie und denen des Centrums anzustellen.

Die Erfahrungen haben gelehrt, dass eine Dreitheilung der physiologischen Functionen der Netzhaut berechtigt ist.

Wir unterscheiden somit einen Raum-, Licht- und Farbensinn.

Daraufhin ist die Netzhautperipherie von mir geprüft worden.

Es folgen die Untersuchungen über das Gesichtsfeld.

Das Gesichtsfeld.

Das monoculare Gesichtsfeld können wir kurzweg als den Inbegriff derjenigen Lichtpunkte im Raume bezeichnen, die ein unbewegtes Auge noch wahrzunehmen vermag.

Wir wissen, dass die Netzhaut ihrer anatomischen Structur nach in ihrer ganzen Ausdehnung bis zur ora serrata lichtempfindlich sein könnte. Die Grenzen des Gesichtsfeldes würden somit den Retinalgrenzen entsprechen. — Im Laufe dieser Abhandlung werden wir sehen, wie weit dieses zutrifft.

Schon zu einer Zeit, wo jedes klare Verständniss der physicalischen Optik noch fehlte, ist des Gesichtsfeldes Erwähnung gethan worden. Der erste, der die Grenzen des Gesichtsfeldes bestimmte, scheint dem Berichte Arago's nach Ptolemaeus gewesen zu sein.

Arago, Venturi, Young, Wollaston, Aubert, in neuerer Zeit Förster, Landolt, Donders u. A. haben genaue Messungen vorgenommen und sind im Grossen und Ganzen, soweit sie nach einer Methode gearbeitet, zu übereinstimmenden Resultaten gelangt, insofern sie eine eigenthümliche mehr oder weniger elliptische Form der Gesichtsfeldzeichnung constatirten. Die Gesichtsfeldgrenzen im horizontalen Netzhautmeridian reichten weiter als im verticalen.

Scheinbar widersprechende Angaben liegen natürlich auch vor. — Wir werden diese Widersprüche indess erklärlich finden, wenn wir neben den an und für sich bereits

bedeutenden physiologischen Schwankungen noch die mannigfachen Differenzen berücksichtigen, die der Methode entspringen. Bekanntlich hängt die Ausdehnung des Gesichtsfeldes unter Anderem von folgenden Momenten ab:

1) Von der nächsten Umgebung des Auges.
2) Von der Pupillenweite.
3) Von der Accommodationsanspannung.
4) Von der Energie der peripheren lichtempfindlichen Netzhautelemente.

Je nachdem nun diese Momente von den einzelnen Autoren bei ihren Untersuchungen berücksichtigt worden sind, weichen die jeweiligen Versuchsresultate von einander ab. — Wir brauchen nur die Zahlen anzuführen und zu vergleichen, die Förster und Landolt für die Ausdehnung der Gesichtsfeldgrenzen gefunden, um uns der Bedeutung obigen Ausspruches zu vergewissern.

Landolt arbeitete nach der sogenannten Eliminationsmethode (möglichste Beseitigung der das Gesichtsfeld einengenden Augennachbarschaft). Er berücksichtigte also den Einfluss der nächsten Umgebung des Auges.

Förster.				Landolt.			
A.	J.	O.	U.	A.	J.	O.	U.
70	60	45	65	85	75	72	78

Die Buchstaben A. J. O. U. bezeichnen die der äusseren und inneren, bez. oberen und unteren Ausdehnung des Gesichtsfeldes entsprechenden Richtungen.

Von Schön[1]) sind nach den Zahlenangaben verschiedener Autoren die Mittelwerthe bestimmt worden. — Seine Angaben sind demnach besonders zuverlässig. — Er fand für den verticalen Meridian 120°, für den horizontalen

1) Schön. Lehre vom Gesichtsfeld und seinen Anomalien. Berlin 1874.

Meridian 140°, — Die auf der hiesigen Augenklinik gelegentlich angestellten Gesichtsfeldmessungen ergaben ähnliche Zahlenwerthe. Die Landolt'sche Methode wurde hiebei nicht in Anwendung gebracht, da sie mehr theoretischen als practischen Werth hat.

Stoeber[1]) giebt neuerdings folgende Durchschnittsgrössen an:

1) Für den verticalen Meridian { Oben 65° / Unten 80° } 145°

2) F. d. horizontalen Meridian { Innen 65° / Aussen 95° } 160°

3) F. d. schrägen Merid. (45°) { Ob. auss. 85° / Unt. innen 65° } 150°

4) F. d. schrägen Merid. (45°) { Ob. innen 65° / Unt. auss. 95° } 160°

Einige Messungen mit und ohne Berücksichtigung der Eliminationsmethode führte ich am Förster'schen Perimeter an mir selber aus. Die Zahlen, die ich hiebei gewann, sind in der folgenden Tabelle verzeichnet. — Zum Vergleich füge ich denselben die Angaben anderer Autoren bei.

	Donders[2])		Aubert[3])		Förster[4])		Landolt		Schön[5])		Ego	
	Relativ	Absolut	Relativ	Absolut	Relativ	Absolut	Relativ	Absolut	Relativ	Absolut	Relativ	Absolut
A.	103°.5	103°.5	90°	90°	70°	—	—	85°	140°	—	105°	105°
I.	60°.5	60°.5	55°	55°	60°	—	—	75°		—	65°	65°
O.	33° – 42°	67°	45°	50°	45°	—	—	72°	120°	—	55°	60°
U.	68°	69°	60°	65°	65°	—	—	78°		—	81°	81°

1) Stöber Archives d'ophtalmologie 1883. t. 1 pg 59.

2) Donders. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XXIII 2. pg. 269

3) Aubert. Physiologie der Netzhaut. 1865.

4) Entnommen aus Schön: Die Farbenempfindungen etc. Zehender etc. 1873. pg. 173.

5) Schön. Die Lehre vom Gesichtsfelde etc. 1874

Einfluss der Perceptionsfähigkeit der Netzhautperipherie auf die Gesichtsfeldgrenzen.

In neuerer Zeit ist eine in dieser Frage besonders werthvolle Arbeit von Donders[1]) erschienen.

Die Zahlen die er verzeichnet sind in obiger Tabelle von mir schon berücksichtigt worden.

Grösseres Interesse für seine Abhandlung musste der Umstand einflössen, dass die Frage über das ursächliche Moment für die Eigenthümlichkeit der Gesichtsfeldzeichnung ihrer endgiltigen Entscheidung näher geführt zu werden schien. — Schon früher sind Erklärungen für die eigene Gestaltung des Gesichtsfeldes versucht und gegeben worden.

Purkinje nimmt z. B. einen lähmungsartigen Zustand der peripheren Netzhauttheile an, Aubert[2]) „gewisse unbekannte anatomische Verhältnisse." — Später ist von verschiedener Seite darauf aufmerksam gemacht worden, die ungleiche Ausdehnung der Gesichtsfeldgrenzen an der Temporal- und an der Nasalseite der Netzhaut sei durch ungleiche Ausdehnung der Netzhautgrenzen an den betreffenden Seiten bedingt.

Donders verfolgte nun den Plan, durch seine Untersuchungen festzustellen, wie weit die Lichtempfindung der Netzhaut reiche, und in wie weit die Grenzen derselben den Netzhautgrenzen der ora serrata entsprechen.

Anmerkung: Im Allgemeinen heisst es, die Netzhaut erstrecke sich bis zur ora serrata. Diese Angabe ist zu allgemein. Wir brauchen genauere Messungen. — Solche finden sich bei Landolt[3]): Die nasale Parthie

1) Donders. A. f. O. Bd. XXIII 2, pag. 269.

2) Aubert, Physiologie der Netzhaut, 1865.

3) Landolt. Archives d'ophtalmologie 1880 pag. 198.

der Netzhaut erstreckt sich in einer Ausdehnung von 26 mm nach vorn, von der fovea centralis an gerechnet, die temporale 23 mm. — Der Schlemmsche Canal befindet sich auf der inneren (nasalen) Seite in einer Entfernung von 5 mm, auf der äusseren (temporalen) in einer Entfernung von 6 mm von der ora serrata. — Es würde die Netzhaut auf der nasalen Seite somit weiter nach vorn reichen als auf der temporalen.

In diesem Umstande, dass die ora serrata an der Temporalseite weniger nach vorn reicht als an der Nasalseite, kann man allein nicht eine genügende Erklärung sehen für einen Unterschied von c. 40° in der Ausdehnung des Gesichtsfeldes nach der einen und nach der anderen Seite.

Messungen, die an passenden Fällen von Exophthalmos in dem Auftrage von Donders, von Grossmann und Mayerhausen ausgeführt wurden[1]), ergaben die an sich interessante Thatsache, dass an der Temporalseite der Netzhaut, die Gesichtsfeldgrenzen die Netzhautgrenzen nicht decken. Zwischen beiden bleibt ein Theil, welcher, ob er auch der der specifischen Energie der Netzhaut angehörenden morphologischen Elemente keineswegs entbehrt, für Reize unempfindlich ist. — Als Kriterium diente der Umstand, dass die Perception einer Flamme, die sie durch die Sclera hindurchscheinen liessen, an der Temporalseite erst an einer Stelle erfolgte, die 12,1 mm vom Hornhautrande (entsprechend 66 Perimetergraden) entfernt war. Es würde somit die Perceptionsfähigkeit der Netzhaut mit den Grenzen des Gesichtsfeldes zusammenfallen, wie sie nach der

---

1) cf. Donders A. f. O. XXIII. 2 pag. 269.

gewöhnlichen Methode mit einem 1 □ cm. grossen weissen Papierstück bestimmt werden.

Es ist Donders Ansicht nach gut denkbar, dass bei anatomischem Intactsein der betreffenden Elemente ihre physiologischen Functionen modificirt resp. aufgehoben seien. Soweit Donders.

Diesen Angaben diametral entgegengesetzt sind die von Schweigger[1]). Auch er stützt sich auf Untersuchungen an »passenden Fällen von Exophthalmos.» Da Beide bei ihren auf Grund eigener Versuche vorgefassten Ansichten beharrten, so war eine Wiederholung ähnlicher Versuche durchaus wünschenswerth. Fussend auf die Behauptung Schweiggers, dass ein Exophthalmos bei diesen Untersuchungen keineswegs eine conditio sine qua non sei, der Perimeterversuch leicht ausführbar und an sich schon vollkommen entscheidend, entschloss ich mich die Sache nachzuprüfen. — Die Versuche wurden an mehreren Commilitonen und an mir selber ausgeführt, in ähnlicher Weise, wie sie Schweigger[2]) angiebt. — Der Perimeter wurde in einem dunklen Zimmer aufgestellt. — Oberhalb und hinter dem zu untersuchenden Auge befand sich ein Licht. — Mit einem Augenspiegel wurde über den Nasenrücken hinweg beleuchtet. Jedesmal konnte ich constatiren, dass 85° medianwärts vom Fixationspuncte eine Lichtempfindung auftritt. — Nach Schweigger und mir wäre somit die Perceptionsfähigkeit der, der ora serrata angrenzenden Netzhautelemente auch auf der temporalen Hälfte der Retina erwiesen.

Nur bedarf es hier einer bedeutenderen Intensität, um eine Lichtempfindung hervorzubringen.

1) Schweigger. Arch. f. Ophth. Bd. XXII. 3. pg. 283.
2) Schweigger. A. f. O. Bd. XXV. 1. pg. 255.

Da in der praktischen Gesichtsfeldmessung dem Mariotte'schen Fleck eine gewisse Bedeutung nicht abzuleugnen ist, möchte ich zur Vervollständigung einige Angaben zufügen, die über Umfang und Lage desselben Aufschluss geben: 6^0 oder c. 1,8 mm. für dessen Durchmesser (Helmholtz) 15^0 oder c. 4.35 mm. Abstand seiner Mitte von der Mitte des gelben Fleckes (Schön).

Einfluss der Erregung des Netzhautcentrum's auf die Grenzen des Gesichtsfeldes.

Ursprünglich von dem Gesichtspunkte ausgehend, die Empfindlichkeit der Peripherie werde durch gleichzeitige Erregung des Netzhautcentrums herabgesetzt, stellte ich mir die Aufgabe, die hieraus resultirende etwaige Einengung des Gesichtsfeldes einer genaueren Prüfung zu unterwerfen.

Die Versuche wurden an einem Perimeter ausgeführt, bei dem im o-Puncte dem Krümmungsmittelpuncte gegenüber eine 1 cm. im Durchmesser betragende Oeffnung gebohrt war.

Hinter dem Perimeter befand sich ein Blendungskasten. Das Licht einer intensiv leuchtenden Lampe, durch eine Convexlinse noch mehr concentrirt, konnte durch eine im Schirme angebrachte 2 □ mm. grosse Oeffnung direct in das Auge des Beobachters geleitet werden.

Dem Bogenrande entlang von der Peripherie zum Centrum hin, wurde eine Marke aus weissem Papier von bestimmter Grösse und Form (2 cm. Breite, 4 cm. Höhe) geführt. Die Stelle, wo die weisse Marke eine Lichtempfindung auslöste, wurde am schwarzen Perimeterbogen durch einen Kreidestrich bezeichnet und später die betref-

fende Anzahl von Graden nach Ablauf einer Beobachtungsreihe abgelesen.

Hinter und über dem Kopfe des Experimentators wurde im Fensterladen ein schmaler horizontaler Spalt angebracht, durch den das Tageslicht eindrang. — Es wurde auf diese Weise der horizontal gestellte Perimeterbogen gleichmässig so beleuchtet, dass bei gewöhnlicher Fixation eines eben sichtbaren Punctes, die Gesichtsfeldgrenzen, den bei voller Beleuchtung in gewöhnlicher Weise bestimmten nahezu gleichkamen.

Nachdem nun zuerst die Ausdehnung des Gesichtsfeldes wie gewöhnlich bei Fixation eines weissen in der Dunkelheit eben sichtbaren Punctes bestimmt war, wurde durch die Oeffnung im Schirme Licht in das Auge geleitet und das Gesichtsfeld wiederum gemessen. — Diese Versuche sind mehrmals unter denselben Bedingungen wiederholt worden und wurde regelmässig derselbe Fund constatirt. Die Marke musste näher zum Centrum hin bewegt werden, um wieder sichtbar aufzutauchen. — In den folgenden Tabellen finden sich die einzelnen Daten verzeichnet.

Stud. med. C.

		Bei gewöhnl. Fixation.	Differenz	Bei Fix. eines leuchtend. Punctes.
I.	Aussen	92.5°	4.5°	88°
	Innen	60°	4.5°	55.5°

Stud. med. M.

		Bei gewöhnl. Fixation.	Differenz	Bei Fix. eines leucht. Punctes.
II.	Aussen	85.2°	9.7°	75.5°
	Innen	60°	3.5°	56.5°

Stud. med. F.

		Bei gewohnl. Fixation.	Differenz.	Bei Fix. eines leucht. Punctes.
III.	Aussen	90°	6°	84°
	Innen	60°	4.5°	55.5°

Stud. med. S.

		Bei gewöhnl. Fixation.	Differenz	Bei Fix. eines leucht. Punctes.
IV.	Aussen	87°	17°	70°
	Innen	60°	5°	55°

Stud. med. D.

		Bei gewöhnl. Fixation.	Differenz.	Bei Fix. eines leucht. Punctes.
V.	Aussen	93.5°	6°	87.5°
	Innen	61°	7°	54.°

Stud. med. B.

		Bei gewöhnl. Fixation.	Differenz.	Bei Fix. eines leucht. Punctes.
VI.	Aussen	92.5°	10.5°	82°
	Innen	65°	10°	55°

Im Durchschnitt:

		Bei gewöhnl Fixation	Differenz.	Bei Fix. eines leucht Punctes.
VII.	Aussen	90.1°	9°	81.1°
	Innen	61.1°	5.85°	55.25°

Hierauf bestimmte ich die Gesichtsfeldgrenzen für mich in ähnlicher Weise.

Ego.

		Bei gewöhnl. Fixation.	Differenz.	Bei Fix. eines leucht. Punctes.
VIII.	Aussen	97.2°	6.2°	91°
	Innen	65.5°	2.5°	63°

Wenn wir diese Thatsache dadurch erklären wollen, dass wir bei vermehrter Thätigkeit des Netzhautcentrums, eine herabgesetzte Thätigkeit der Peripherie annehmen, so muss jedenfalls ein Einfluss der Pupillenweite zuvor ausgeschlossen werden. — Hiezu erweiterte ich die Pupille meines rechten Auges durch Einträufelung von Atropin und bestimmte die Grenzen des Gesichtsfeldes bei gleichzeitiger Fixation des leuchtenden Punctes. — Die Grenzen des Gesichtsfeldes erweiterten sich. — Dieser Versuch scheint mir deutlich zu demonstriren, dass die Pupillenweite nicht ohne Einfluss auf die Ausdehnung der Gesichtsfeldgrenzen ist. — Bei gewöhnlicher Fixation eines in der Dunkelheit eben sichtbaren Punctes ist die Pupille mittelweit, bei Fixation des blendenden Leuchtpunctes sehr stark verengert, durch Atropin ad maximum erweitert.

Freilich wirkt die Accommodationslähmung störend auf die Reinheit des Versuches, denn die Lichtstrahlen, die von einem 30 cm entfernten Gegenstande in's Auge gelangen, würden auf der Netzhaut sich nicht vereinigen, sondern Zerstreuungskreise bilden und so eine Erweiterung des Gesichtsfeldes vortäuschen.

Jedenfalls bin ich geneigt, die bedeutende Verengerung des Gesichtsfeldes, bei gleichzeitiger Erregung der macula lutea nicht allein der Pupillenverengerung, sondern vielmehr einer herabgesetzten Leistungsfähigkeit der Netzhautperipherie zuzuschreiben.

Einfluss der Accommodationsanspannung auf die Grenzen des Gesichtsfeldes.

Schon Helmholtz[1]) sprach die Ansicht aus, dass beim Sehen in der Nähe das Gesichtsfeld sich erweitere,

1) Helmholtz. Physiologische Optik. 1867

indem die Pupille sich der Hornhaut nähere. Diese Behauptung bot nichts Unwahrscheinliches. Durch das stärkere Vorrücken der vorderen Linsenfläche und der Iris können noch schiefer einfallende Lichtstrahlen auf noch mehr periphere Netzhautstellen fallen. — Das auch die äusserste Netzhautperipherie Licht zu percipiren vermag, scheint mir meinen Erfahrungen nach zweifellos.

Die unten angegebenen Versuchsreihen wurden am Perimeter von 30 cm Radius ausgeführt. — Dem Auge gegenüber, dem Opunct entsprechend, befand sich eine Oeffnung von 1 cm Durchmesser, durch welche eine in einer Entfernung von 5.5 Meter an der Wand des Zimmers geklebte schwarze Marke fixirt werden konnte. — Auf einem 20 cm langen Stück Draht, welches die Richtung einer vom Auge zum Fixationspunct gezogenen graden Linie hatte, konnte eine Marke hin und her geschoben und in beliebiger Entfernung vom Auge fixirt werden. — Da die allgemeine Beleuchtung einen unverkennbaren Einfluss auf die Versuchsresultate bei ähnlichen Experimenten ausübt, so wurde unter möglichst günstigen Verhältnissen d. h. bei vollem Tageslichte gearbeitet. — Bei allen meinen Versuchen wurde auch besonders darauf geachtet, dass das Auge genau im Krümmungsmittelpuncte des Perimeterbogens sich befand.

Dadurch, dass der Fixationspunkt dem unbeweglichen Auge des Beobachters genähert werden konnte, war man der Mühe enthoben, die für einen Perimeter von 30 cm, Radius gewonnenen Zahlen auf einen Perimeter von 15 cm beziehungsweise 10 cm oder 5.5 Meter Radius zu reduciren, — wie Emmert es zu thun hatte, der bei einem Perimeter von 30 cm Radius den O-Punct in einer Entfernung von 15 cm fixirte.

Bei meinen Versuchen betrugen die Entfernungen der jeweiligen Fixationspuncte vom Auge 10 cm, 15 cm, 30 cm, beziehungsweise 5.5 Meter. Die Durchschnittswerthe mehrerer Beobachtungen sind in folgender Tabelle verzeichnet.

	Bei Fixation für die Ferne. (5.5 meter)	Entfernung des Fix. Punct. (30 cm)	Entfernung d. Fix. Punct. (15 cm)	Entfernung d. Fix. Punct. (10 cm)
Aussen	$104,_{35}{}^0$	105^0	106^0	$107,_1{}^0$
Innen	$65,_{25}{}^0$	$65,_{45}{}^0$	$66,_5{}^0$	$67,_4{}^0$
Oben	$55,_{35}{}^0$	$55,_{35}{}^0$	$55,_{55}{}^0$	55.5^0
Unten	$80,_{\frac{65}{3}}{}^0$	$80,_7{}^0$	$81,_{25}{}^0$	$81,_6{}^0$

Je näher der Fixationspunct, desto stärker die Accommodation, desto weiter fallen die Gesichtsfeldgrenzen.

Am Ausgesprochensten ist dieses im horizontalen Netzhautmeridian. Emmert[1]) hat in ähnlicher Weise den Einfluss der Accommodation geprüft. Die Resultate seiner Versuche sind zum Vergleich mit den Meinigen weiter unten angeführt:

	Für die Nähe 15 cm		Für die Ferne 5,5 –6 Meter		Differenz	
	Emmert	Ego	Emmert	Ego	Emmert	Ego
Aussen	101^0	106^0	$99,_5{}^0$	$104,_3{}^0$	$1,_5{}^0$	$1,_7{}^0$
Innen	$64,_5{}^0$	66.5^0	62^0	65^0	$2,_5{}^0$	$1,_5{}^0$
Oben	67^0	$55,_5{}^0$	$64,_5{}^0$	$55,_5{}^0$	$2,_5{}^0$	0
Unten	$72,_5{}^0$	$81,_{25}{}^0$	70^0	$80,_3{}^0$	$2,_5{}^0$	1^0

Emmert erklärt die Verbreiterung des Gesichtsfeldes bei starker Accommodationsanspannung durch Verschiebung der Chorioidea, beziehungsweise der Netzhaut, wie sie von Hensen und Völkers[2]) experimentell bewiesen wurde.

---

1) Emmert. Archiv für Augenheilkunde Bd. XI. 1882, pg. 303.

2) Hensen und Völkers. Experimentaluntersuchung über den Mechanismus der Accommodation. 1881. Arch. für Augenheilkunde. Bd. X. 3. 4. pag. 342.

Emmert geht von dem Gesichtspunkte aus, dass die Gesichtsfeldgrenzen mit den Netzhautgrenzen nicht zusammenfallen, dass die am meisten peripherisch gelegenen Netzhautparthieen ihre Perceptionsfähigkeit eingebüsst haben (cf. Donders).

Emmert fand ferner, dass nur bei starker Accommodationsanspannung (15 cm.) das Gesichtsfeld sich erweitere, da die Netzhautverschiebung bei der Accommodation in nachweisbarem Grade nur bei stärkerer Accommodationsanspannung wahrscheinlich und annehmbar sei.

Meinen Versuchen nach ist schon bei einem geringeren Grade der Accommodationsanspannung (30 cm.) eine Erweiterung der Gesichtsfeldgrenzen zu verzeichnen. Da der Factor der Netzhautverschiebung allein diese Thatsachen nicht genügend würde erklären können, so muss etwas Anderes zu Hilfe genommen werden. Die oben schon erwähnte Anschauung von Helmholtz wäre somit ganz am Platze. Bei der Accommodation nähert sich die Iris und die vordere Linsenfläche der hinteren Fläche der Hornhaut, so dass schiefer einfallende Lichtstrahlen auf mehr periphere Netzhautparthieen fallen können.

Einen nennenswerthen Unterschied zwischen der Ausdehnung des Gesichtsfeldes beim Blick in die Ferne ohne und mit Einträufelung von Atropin habe ich nicht zu verzeichnen.

Untersuchungen über den Raumsinn der Netzhautperipherie.

Die Untersuchungen über den Raumsinn der Peripherie der Netzhaut, die mit Purkinje begannen, von Weber, Förster, Aubert, Landolt und in neuester Zeit von Dor, Ito, Leber und Anderen wiederaufgenommen wurden, sind durch die Bestimmung der excentrischen Sehschärfe vermittelst der Snellen'schen Buchstaben gewissermassen zum Abschluss gebracht worden. Wenn die Resultate aller dieser Arbeiten im Wesentlichen auch dieselben sind, indem sie dasselbe eigenthümliche Verhalten der Peripherie dem Centrum der Netzhaut gegenüber constatiren, so reizen doch die individuellen Abweichungen in den detaillirteren Bestimmungen, zu neuer Bearbeitung dieser Frage. Die Beobachtungen, die von mir über das Verhalten der excentrischen Sehschärfe veranstaltet wurden, sind mit Puncten und Linien verschiedener Grösse und Entfernung von einander ausgeführt worden. — Zuletzt erfolgte eine genaue Bestimmung der peripheren Sehschärfe vermittelst Snellenscher Buchstaben leichterer Zeichnung. Die betreffenden Figuren waren schwarz auf weisem Grunde.

Anmerkung. Nach Versuchen, die von Burchardt angestellt worden sind, ist es fast gleichgiltig, ob man weisse Figuren auf schwarzem Grunde oder schwarze Figuren auf weissem Grunde benutzt. Man unter-

scheidet die Ersteren keineswegs in grösserer Entfernung als die Letzteren. Schwarze Figuren auf Weiss sind insofern practischer als sie leichter herzustellen sind und durch den häufigen Gebrauch nicht so schnell abgenutzt erscheinen.

Ich untersuchte mich und einige Commilitonen von normalem Gesichtssinne.

Die Untersuchungen selbst wurden an hellen Nachmittagen ausgeführt und zwar folgendermassen.

Das zu untersuchende Auge, welches im Krümmungsmittelpunkte des Perimeterbogens sich befand, musste den gegenüber liegenden Mittelpunkt des Halbkreises den sogenannten O-Punkt fixiren. — Das Gesicht wurde hiebei möglichst medianwärts gerichtet, um den störenden Einfluss des Nasenrückens zu eliminiren.

Indem ich dann dem Rande des Bogens entlang von hinten her die verschiedenen Objecte nach vorn führte, liess ich die untersuchte Person angeben, sobald sie mit Sicherheit die 2 Punkte, die 2 Linien, resp. die betreffenden Snellen'schen Buchstaben unterschied.

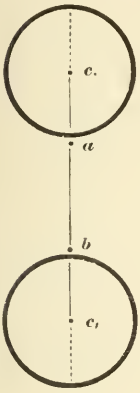
Die Stelle des Perimeterbogens, wo solches zuerst gelang, gab unmittelbar in Graden den Abstand an, in welchem diejenige Netzhautstelle, deren Sehschärfe der betreffenden Probe entsprach, sich von der Mitte des gelben Fleckes befand.

Da es sehr viel Ueberwindung kostet, mit dem Auge nicht nach der Seite abzuweichen, von welcher das Object erwartet wird, und bekanntlich bei der geringsten derartigen Abweichung für die peripherische Sehschärfe zu hohe Werthe gefunden werden, so sind mehrere Einzelbeobachtungen notirt und aus ungefähr 5—8 hiebei gewonnenen Zahlen ist das Mittel gezogen worden.

Die einzelnen Sitzungen dauerten nie länger als 2½ Stunden. Den Augen wurde hierbei öfters Ruhe gegönnt.

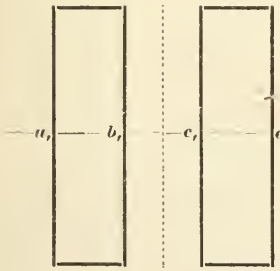
In den folgenden Tabellen beziehen sich die oberhalb den Columnen stehenden römischen Ziffern auf die angewandten Punctproben, resp. Linien.

Dieselben wurden nach folgendem Schema construirt.



Für	I	war	ab	=	20	mm.
,,	II	,,	,,	=	10	,,
,,	III	,,	,,	=	5	,,
,,	IV	,,	,,	=	2,5	,,
,,	V	,,	,,	=	1,5	,,
,,	VI	,,	,,	=	1	,,
,,	VII	,,	,,	=	0,75	,,
,,	VIII	,,	,,	=	0,5	,,
,,	IX	,,	,,	=	0,25	,,

(2ca = 2c, b = ab)



(a, b, = b, c, = c, d,)

Für	I	war	b, c,	=	10	mm.
,,	II	,,	,,	=	5	,,
,,	III	,,	,,	=	2,5	,,
,,	IV	,,	,,	=	1,5	,,
,,	V	,,	,,	=	0,5	,,

Tabelle I.

Ego. R. A.

	Aussen									Innen								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	50	40	25	20	18	15	10	8	5	45	35	25	18	12	10	8	6	5
	50	40	25	18	18	12	10	8	4	45	35	24	16	12	12	9	7	4
	45	35	20	18	18	14	10	7	5	42	32	25	18	15	10	10	6	4
	45	40	25	18	15	15	11	8	5	45	36	24	16	12	11	8	6	4
	50	40	25	20	17	12	11	8	4	45	35	22	18	14	10	9	6	4
	50	35	25	19	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	35	20	20	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel	$48,_{33}^{0}$	38^{0}	$23,_{57}^{0}$	19^{0}	$17,_{57}^{0}$	$13,_{6}^{0}$	$10,_{6}^{0}$	$7,_{8}^{0}$	$4,_{6}^{0}$	45^{0}	$34,_{6}^{0}$	24^{0}	$17,_{2}^{0}$	13^{0}	$10,_{6}^{0}$	$8,_{8}^{0}$	$6,_{2}^{0}$	$4,_{2}^{0}$

L. A.

	50	30	25	20	14	10	10	7	3	45	35	28	20	17	12	8	6	4
	52	35	28	20	15	12	10	6	4	50	35	30	22	16	10	8	5	3
	45	35	24	22	12	12	8	6	3	45	38	30	20	16	10	8	8	4
	50	30	25	21	14	10	8	8	3	45	35	28	20	16	12	7	5	4
	50	32	22	20	12	10	8	6	4	50	35	28	20	17	10	7	6	4
	45	—		—	—	—	-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel	50^{0}	$32,_{4}^{0}$	$24,_{8}^{0}$	$20,_{6}^{0}$	$13,_{4}^{0}$	$10,_{8}^{0}$	8.8^{0}	$6,_{6}^{0}$	$3,_{4}^{0}$	46^{0}	$35,_{6}^{0}$	$29,_{2}^{0}$	$20,_{4}^{0}$	$16,_{6}^{0}$	$10,_{8}^{0}$	$7,_{6}^{0}$	6^{0}	$3,_{8}^{0}$

Anmerkung. Ich beschränkte mich auf die Untersuchung der horizontalen und verticalen Netzhautmeridianen.

Tabelle II, a.

Stud. F. M. R. A.

Aussen									Innen								
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
60	50	45	30	25	15	10	7	5	50	35	30	25	20	16	10	8	4
60	50	45	30	25	14	10	7	5	55	35	30	25	20	16	12	8	4
60	50	42	25	20	14	10	8	3	55	40	35	22	19	15	12	9	4
56	50	40	25	20	14	—	8	4	50	45	28	20	19	14	10	9	5
56	55	40	24	22	12	—	6	4	50	45	25	20	21	14	10	7	5
55	52	41	24	23	15	—	6	3	50	36	25	20	18	—	10	8	4
55	48	40	25	20	—	—	6	3	—	38	25	—	18	—	10	8	4
60	49	35	30	20	—	—	—	5	—	35	26	—	20	—	—	—	4
Mittel 57,75	50,5	41	26.6	22	14	10	7	4	51,7	38,62	28	22	19,4	15	10,6	8,14	4,25

Oben									Unten								
—	—	20	—	15	—	10	—	3	45	—	22	—	15	—	10	—	4
—	—	15	—	14	—	10		3	45	—	20	—	18	—	10	—	3
30	—	15	—	14	—	10	—	4	48	—	20	—	18	—	12	—	5
32	—	16	—	12	—	10	—	3	50	—	22	—	18	—	12	—	5
30	—	16	—	12	—	10	—	3	50	—	22	—	16	—	10	—	3
30	—	20	—	12	—	—	—	—	45	—	20	—	16	—	10	—	4
30	—	—	—	—	—	—	—	—	45	—	—	—	—	—	—	—	4
Mittel 30,4	—	17	—	13,17	—	10	—	3,2	47	—	21	—	17	—	10,6	—	4

Tabelle II, b.

Stud. F. M. L. A.

Aussen.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
55	50	40	25	20	14	10	8	5
55	48	40	25	20	14	10	8	5
56	48	40	30	18	12	10	7	4
56	48	42	30	18	12	—	7	4
50	50	42	25	18	15	—	7	4
50	35	45	22	20	15	—	8	5
—	38	—	22	—	12	—	6	—
—	40	—	22	—	—		—	—
Mittel 54	44,6	41	25	19	13,4	10	7,3	4,5

Innen.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
50	40	30	25	20	15	10	8	4
48	38	30	25	20	15	12	8	4
50	40	32	20	20	15	12	8	5
50	40	32	20	20	14	10	7	4
50	40	30	20	—	14	10	6	5
—	—	30	20	—	14	10	6	4
—	—	—	22	—	14	—	7	—
—	—	—	22	—	—	—	—	—
49,6	39,6	30,6	22	20	14,4	10,6	7	4,3

Oben.

30	—	18	—	12	—	10	—	3
35	—	18	—	12	—	10	—	4
32	—	20	—	14	—	10	—	4
30	—	20	—	14	—	—	—	4
30	—	17	—	15	—	—	—	3
—	—	16	—	—	—	—	—	3
—	—	15	—	—	—	—	—	—
Mittel 31,4	—	17,7	—	13,4	—	10	—	3,5

Unten.

46	—	20	—	16	—	10	—	4
45	—	25	—	16	—	10	—	4
46	—	25	—	16	—	—	—	5
45	—	20	—	18	—	—	—	3
—	—	20	—	18	—	—	—	4
—	—	—	—	—	—	—	—	4
—	—		—	—	—	—	—	—
45,5	—	22	—	17	—	10	—	4

Tabelle III, a.

Stud. L. L. R. A.

Aussen.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
50	42	32	24	18	15	12	10	6
50	40	35	24	19	16	12	10	5
52	40	32	22	18	15	12	8	5
52	43	30	25	18	14	15	8	5
55	44	30	20	18	14	14	8	6
50	40	30	20	—	15	14	—	6
—	—	—	20	—	—	12	—	5
—	—	—	—	—	—	12	—	—
Mittel 51,5	41,5	31,5	22,14	18,2	15	13	8,6	5,4

Innen.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
45	40	35	25	18	17	12	7	5
48	40	32	22	20	15	12	8	4
45	42	32	22	16	14	12	8	4
45	42	36	22	16	15	10	7	5
—	40	35	25	15	15	10	7	5
—	40	35	—	—	—	10	7	5
—	35	—	—	—	—	—	—	—
—	35	—	—	—	—	—	—	—
46	39	34	23,2	17	15,2	11	7,3	4,6

Oben.

28	—	20	—	15	—	12	—	6
28	—	—	—	14	—	10	—	5
28	—	20	—	14	—	10	—	5
28	—	20	—	15	—	9	—	4
—	—	20	—	14	—	10	—	4
—	—	—	—	—	—	10	—	5
Mittel 28	—	20	—	14,4	—	10	—	4,8

Unten.

45	—	26	—	20	—	12	—	6
46	—	30	—	20	—	12	—	6
42	—	30	—	18	—	10	—	6
45	—	30	—	18	—	10	—	5
45	—	30	—	20	—	10	—	5
45	—	—	—	20	—	12	—	6
44,6	—	29,2	—	19,3	—	11	—	5,6

Tabelle IIIb.

Stud. L. L. L. A.

Aussen									Innen								
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
50	45	32	30	20	18	15	10	6	45	40	32	30	20	18	15	8	6
55	40	32	25	25	18	15	10	6	45	40	30	25	20	18	14	9	6
55	40	30	25	22	16	12	10	7	45	40	30	28	25	15	14	10	6
52	45	30	20	20	16	12	9	6	45	—	30	25	20	15	14	8	5
50	45	30	22	20	16	14	9	7	46	—	32	25	20	15	12	8	5
50	40	30	26	20	16	14	8	6	46	—	32	25	20	16	—	8	4
50	—	32	26	20	17	15	10	6	—	—	32	—	—	—	—	—	4
—	—	32	24	20	16	15	10	7	—	—	30	—	—	—	—	—	—
—	—	32	—	20	15	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—
Mittel 51,7	42,5	31	24,7	20,8	16,4	14,2	9,5	6,4	45,3	40	31	26	21	16	13,8	8,5	5,1
Oben									Unten								
29	—	20	—	16	—	12	—	6	45	—	30	—	20	—	12	—	6
28	—	20	—	15	—	10	—	6	45	—	30	—	20	—	10	—	6
27	—	20	—	15	—	10	—	6	45	—	30	—	20	—	10	—	7
30	—	20	—	14	—	9	—	5	—	—	—	—	—	—	12	—	7
30	—	18	—	—	—	12	—	6	—	—	—	—	—	—	10	—	6
—	—	18	—	—	—	12	—	6	—	—	—	—	—	—	10	—	8
—	—	18	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	6
—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel 28,8	—	19,25	—	15	—	10,8	—	5,5	45	—	30	—	20	—	10,6	—	6,5

Tabelle IVa.

Stud. med. V. F. R. A.

Aussen.									Innen.								
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
60	52	50	45	35	30	15	15	10	50	50	45	40	30	25	15	12	6
60	50	48	40	35	30	20	15	10	50	50	40	35	30	25	16	10	8
60	50	42	40	38	25	20	12	8	50	50	40	32	30	22	16	10	7
65	52	45	40	36	25	20	12	8	50	50	45	32	29	22	15	11	7
65	55	45	40	36	30	15	14	10	—	50	40	35	28	21	18	10	6
65	50	40	46	38	30	15	15	10	—	—	40	35	25	25	15	10	6
60	50	50	40	35	25	16	12	8	—	—	40	38	30	—	16	12	5
—	50	45	—	30	—	—	—	—	—	—	40	38	30	—	16	12	5
—	—	40	—	30	—	—	—	—	—	—	—	38	—	—	—	—	—
—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel 62	51	44	41,8	34,2	28	17,3	13,5	9	50	50	41	36	29	23,3	16	11	6

Oben.									Unten.								
40	—	30	—	20	—	15	—	7	45	—	32	—	25	—	15	—	6
40	—	30	—	20	—	12	—	6	45	—	35	—	25	—	12	—	7
40	—	32	—	20	—	12	—	6	50	—	35	—	26	—	10	—	6
—	—	32	—	—	—	10	—	7	50	—	35	—	20	—	12	—	6
—	—	33	—	—	—	10	—	6	50	—	40	—	20	—	15	—	5
—	—	30	—	—	—	10	—	6	45	—	38	—	20	—	10	—	6
—	—	30	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	7
Mittel 40	—	31	—	20	—	11,3	—	6,3	47,5	—	36	—	22,6	—	12	—	6

Tabelle IV, b.

Stud. med. V. F. L. A.

	Aussen.									Innen.								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	60	50	45	35	30	30	15	12	8	50	50	40	35	30	25	15	12	6
	60	50	45	40	35	25	20	12	7	50	50	40	35	28	25	15	10	6
	65	50	45	40	35	25	20	12	8	55	45	40	38	26	25	15	10	8
	65	—	40	40	35	25	18	10	8	50	45	40	30	26	20	15	10	7
	65	—	40	40	32	26	20	10	8	—	—	—	35	30	20	15	10	6
	65	—	—	—	32	25	20	12	7	—	—	—	35	30	18	—	—	6
	60	—	—	—	35	25	20	12	7	—	—	—	—	30	—	—	—	6
	60	—	—	—	36	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—
Mittel	62,5	50	43	39	33,7	26	19	11,4	7,6	51	47,5	40	34,7	28,7	22,16	15	10,4	6,5
	Oben.									Unten.								
	—	—	32	—	20	—	16	—	7	45	—	32	—	22	—	15	—	6
	45	—	35	—	20	—	15	—	7	45	—	35	—	23	—	10	—	6
	42	—	30	—	20	—	15	—	7	45	—	30	—	20	—	10	—	6
	42	—	30	—	20	—	10	—	6	—	—	30	—	25	—	15	—	7
	42	—	35	—	20	—	14	—	6	—	—	35	—	25	—	15	—	7
	40	—	36	—	—	—	10	—	5	—	—	36	—	—	—	15	—	6
	—	—	—	—	—	—	10	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel	42,2	—	33	—	20	—	12,5	—	6,2	45	—	36,2	—	23	—	13,3	—	6,3

Tabelle V, a.

Stud. med. R. G. R. A.

Aussen.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
50	—	40	—	30	—	22	—	6
50	—	42	—	32	—	20	—	6
50	—	42	—	32	—	24	—	5
48	—	42	—	34	—	24	—	5
48	—	40	—	30	—	20	—	5
50	—	40	—	30	—	20	—	4
50	—	40	—	30	—	—	—	4
—	—	41	—	—	—	—	—	5
Mittel 49,4	—	40,8	—	31,14	—	21,6	—	5,5

Innen.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
40	—	40	—	30	—	20	—	5
40	—	38	—	25	—	20	—	6
40	—	38	—	25	—	18	—	5
40	—	35	—	26	—	18	—	5
40	—	35	—	26	—	19	—	5
—	—	35	—	26	—	19	—	—
—	—	—	—	30	—	19	—	—
—	—	—	—	30	—	20	—	
40	—	37	—	27,25	—	19	—	5,2

Oben.

25	—	20	—	15	—	10	—	4
25	—	22	—	15	—	10	—	3
26	—	22	—	16	—	8	—	4
26	—	22	—	14	—	8	—	4
25	—	24	—	15	—	8	—	3
25	—	20	—	15	—	9	—	3
—	—	20	—	—	—	—	—	—
Mittel 25,3	—	21,4	—	15	—	9	—	3,5

Unten.

35	—	25	—	16	—	12	—	4
40	—	25	—	16	—	12	—	4
40	—	24	—	16	—	10	—	3
40	—	22	—	15	—	10	—	4
35	—	26	—	15	—	10	—	4
35	—	24	—	15	—	12	—	3
36	—	22	—	—	—	10	—	—
37,3	—	24	—	15,3	—	11	—	3,6

Tabelle V, b.

Stud. med. R. G. L. A.

Aussen

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	—	—	—	—	—	—	22	—	6
	50	—	40	—	30	—	20	—	5
	50	—	40	—	25	—	20	—	5
	50	—	40	—	25	—	18	—	6
	50	—	—	—	25	—	18	—	6
	50	—	—	—	30	—	20	—	5
	—	—	—	—	30	—	24	—	—
	—	—	—	—	—	—	24	—	—
Durchschnitt	50	—	40	—	27,5	—	20,7	—	5,5

Innen

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	45	—	40	—	30	—	20	—	6
	45	—	35	—	32	—	20	—	6
	42	—	35	—	32	—	20	—	5
	42	—	36	—	32	—	20	—	7
	40	—	34	—	30	—	18	—	7
	40	—	36	—	30	—	18	—	6
	40	—	36	—	30	—	—	—	6
	40	—	35	—	30	—	—	—	5
Durchschnitt	41,7	—	36		30,7	—	19,3	—	6

Oben

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	28	—	22	—	15	—	12	—	4
	30	—	24	—	16	—	12	—	4
	25	—	20	—	16	—	10	—	4
	25	—	20	—	17	—	10	—	3
	25	—	20	—	15	—	9	—	3
	25	—	22	—	15	—	10	—	4
	—	—	24	—	15	—	8	—	—
Durchschnitt	26,3	—	21,6	—	15,7	—	10	—	3,6

Unten

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	40	—	26	—	17	—	14	—	3
	42	—	26	—	1	—	12	—	4
	42	—	24	—	16	—	12	—	4
	45	—	25	—	14	—	12	—	3
	40	—	22	—	15	—	10	—	3
	40	—	24	—	15		10	—	4
	40	—	24	—	17	—	—	—	4
Durchschnitt	41,3	—	24,4	—	15,9	—	11,6	—	3,5

Die aus den eben angeführten Tabellen sich ergebenden Durchschnitte sind folgende.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI.
Aussen	53,72°	43,8°	36,12°	27,36°	23,8°	17,15'	14,53°	8,09°	5,54°
Innen	46,63	43,14	33,06	25,18	22,21	15,93	13,22	6,16	4,99
Oben	31,55	—	23,47	—	15,83	—	10,45	—	4,6
Unten	44,92	—	27,85	—	18,78	—	11,27	—	4,95

Die Schlüsse, zu denen wir durch vorliegende Daten berechtigt erscheinen, sind:

1) Es nimmt das Vermögen, zwei Puncte distinct von einander zu unterscheiden, zur Peripherie der Netzhaut hin ab, und zwar

2) in den verschiedenen Meridianen nicht mit gleicher Geschwindigkeit,

3) Nach der Aussenseite des Gesichtsfeldes hin, der inneren Hälfte des horizontalen Netzhautmeridians entsprechend, dehnen die Grenzen der Wahrnehmbarkeit sich am weitesten aus.

Nach oben hin, der unteren Hälfte des verticalen Netzhautmeridians entsprechend, sind die Grenzen am engsten.

In der Richtung der äusseren Hälfte des horizontalen und der oberen Hälfte des verticalen Netzhautmeridians sind die Grenzen nahezu gleich.

4) Nimmt der Durchmesser der einzelnen Puncte sowie die Entfernung der betreffenden Puncte von einander in einem bestimmten Verhältnisse zu, so ist eine entsprechende regelmässige Verbreiterung der Grenzen der distincten Wahrnehmbarkeit zu constatiren.

5) Das Verhalten beider Augen ist hiebei ein gleiches.

Im obigen finden also ihre Bestätigung alle Behauptungen, die Aubert[1]) auf Grund seiner Untersuchungen

1) Aubert. Physiologie d. Netzhaut. 1865. pag. 248.

aufstellte. — Als Objecte dienten ihm nächst Puncten hauptsächlich Quadrate von verschiedener Seitenhöhe.

Indem nun bei meinen Versuchen die Punctproben zu einander in einem bestimmten Verhältnisse standen, glaubte ich eine bestimmte Regelmässigkeit in der Verbreiterung der Grenzen voraussetzen zu dürfen, eine Annahme, die durch das Experiment jetzt auch vollkommen begründet erscheint. — Die Regelmässigkeit ist nicht zu verkennen, besonders wenn man an Stelle der oben genannten Durchschnittszahlen entsprechende runde Zahlen setzt.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
50 (53)	40 (43)	35 (36)	30 (27)	25 (23)	20 (17)	15 (14)	10 (8)	5
			etc.	etc				

Aehnliche Resultate ergaben die Untersuchungen, die ich mit Linien anstellte.

Die folgenden Tabellen sollen eine interessante Thatsache illustriren, auf die meines Wissens noch nicht aufmerksam gemacht worden ist.

Wenn ich bei den einzelnen Beobachtungen denselben Linien bald eine horizontale, bald eine verticale Stellung verlieh, so änderten sich entsprechend die Grenzen der distincten Wahrnehmbarkeit. Bei horizontaler Stellung der Linien sind dieselben ausgedehnter, bei verticaler enger. Zunächst konnte Dieses nur für den horizontalen Netzhautmeridian constatirt werden.

Astigmatismus war bei den untersuchten Fällen nicht vorhanden.

Prüft man ferner nach den angeführten Tabellen die Sichtbarkeit von Linien im Verhältniss zu derjenigen von Punkten, so findet man, dass Puncte von gewissem Durchmesser weiter peripherisch getrennt wahrgenommen werden als Linien, deren Breite gleich dem Durchmesser der Puncte ist.

Tabelle I.

Stud. F. (Bei verticaler Stellung der Linien.)

	Aussen					Innen				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
R. A.	32	25	20	12	6	30	20	15	12	5
	30	26	22	14	6	30	20	15	12	5
	30	26	20	14	6	30	18	16	12	4
	30	25	19	10	5	28	20	16	10	4
	32	25	20	10	5	25	20	14	12	4
	35	23	20	12	4	25	—	15	11	5
	35	22	20	12	5	28	—	15	11	4
	32	25	20	12	5	30	—	—	12	5
	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—
Durchschnitt	32	24,6	20	12	5,2	28,6	19,6	15	11,5	4,5
L. A.	30	25	25	15	5	30	25	18	14	4
	30	25	20	15	5	30	24	18	12	4
	30	25	20	14	5	30	25	16	12	5
	32	24	20	14	5	—	22	16	14	5
	32	26	19	12	—	—	20	18	12	5
	30	26	19	12	—	—	20	15	14	4
	35	24	19	14	—	—	20	18	14	5
	30	24	20	14	—	—	25	17	12	4
	—	25	20	15	—	—	25	18	12	4
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
Durchschnitt	31	25	20,2	14,(13)	5	30	23	17	13	4,4

Tabelle II.

Stud. G. (Bei verticaler Stellung der Linien.)

	Aussen					Innen				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
R. A.	26	20	16	12	5	25	18	12	10	4
	26	22	15	10	4	25	18	14	10	4
	25	22	16	10	4	24	19	14	8	4
	26	20	16	11	4	24	20	12	8	—
	25	20	18	12	5	25	18	12	8	—
	25	21	18	10	4	25	18	12	10	—
	25	20	17	10	5	—	—	12	10	—
	-	—	16	10	4	—	—	—	10	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—
Durchschnitt	25,43	20,7	16,5	10,6	4,3	24,6	18,5	12,5	9,4	4
L. A.	25	22	18	11	5	25	18	12	10	4
	26	22	18	10	5	26	20	13	10	5
	27	23	18	12	5	26	20	14	10	5
	27	20	16	11	4	25	18	12	7	4
	25	20	16	11	4	25	18	12	6	4
	25	22	17	10	4	25	18	11	9	4
	24	22	18	10	5	—	—	12	10	—
	24	22	18	11	5	—	--	12	10	—
	—	—	—	11	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—
Durchschnitt	25,3	21,6	17,37	10,9	4,62	25,3	18,6	12	9	4,3

Tabelle III.

Stud. M. (Bei verticaler Stellung der Linien).

	Aussen.					Innen.				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
R. A.	40	40	30	25	8	30	28	20	18	6
	40	35	30	20	8	28	30	20	18	6
	35	30	25	22	7	32	27	20	17	5
	35	35	26	22	6	30	26	20	16	6
	40	30	26	24	7	30	26	22	17	6
	45	30	26	24	8	32	25	24	18	6
	45	32	30	26	8	30	30	24	18	6
	45	32	30	25	8	—	30	22	18	6
	—	—	—	25	8	—	—	—	—	—
Durchschnitt	40,6	32,6	28	23,6	7,35	30,3	27,75	21,5	17,5	6
L. A.	35	30	26	22	8	32	30	20	19	6
	36	35	26	23	7	33	32	20	20	5
	36	35	25	23	8	30	32	20	18	8
	36	32	27	20	8	32	30	20	18	7
	35	30	26	24	7	32	26	24	16	8
	35	30	25	22	7	30	26	24	16	7
	40	30	26	20	7	35	25	20	17	7
	40	32	26	20	8	35	26	21	16	7
Durchschnitt	36,6	31,75	26	21,75	7,5	32,37	28,1	21	17,5	7

Tabelle IV.

Stud. F. (Bei horizontaler Stellung der Linien).

	Aussen.					Innen.				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
R. A.	40	30	25	16	8	35	25	20	15	5
	40	28	26	16	8	40	30	20	16	5
	38	32	26	15	8	35	30	20	16	5
	37	30	25	15	9	35	30	20	15	6
	40	30	25	15	8	35	26	18	15	6
	40	32	25	17	8	32	26	18	—	6
	40	30	25	15	—	32	26	22	—	6
	—	—	—	—	—	34	25	20	–	5
	—	—	—	-	—	—	—	—	—	6
	—	—	—	—	—	—	—	—	–	5
Durchschnitt	39,3	29	25,3	15,6	8	34,47	27,2	19,7	15,4	5,5
L. A.	35	30	26	18	6	40	30	22	16	6
	36	26	25	18	7	35	30	22	17	6
	36	26	24	16	7	35	25	20	16	6
	38	28	24	16	7	36	25	20	16	5
	36	28	22	17	6	36	26	21	15	5
	36	30	20	18	6	35	25	20	15	6
	35	30	25	16	6	—	30	20	—	6
	—	32	26	18	6	—	—	—	—	—
Durchschnitt	36	27,5	24	17	6,4	34,5	27,3	20,7	15,8	5,7

Tabelle V.

Stud. G. (Bei horizontaler Stellung d. Linien.)

	Aussen.					Innen.				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
R. A.	30	25	20	10	6	25	25	16	10	6
	30	26	18	12	6	25	24	15	12	6
	32	25	18	12	6	26	25	15	12	7
	30	25	20	12	5	26	25	16	10	6
	30	26	20	10	5	26	22	16	10	7
	28	26	16	9,11	5	25	20	14	—	6
	28	26	17	12	5	—	20	14	—	6
	—	24	20	12	5	—	20	16	—	—
	—	—	—	—	—	—	20	16	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	15	—	—
Durchschnitt	30	25,37	18,6	11,4	5,4	25,5	22,3	15,3	10,8	6,3
L. A.	30	30	20	12	7	25	22	16	10	6
	30	28	20	10	7	26	20	16	9	7
	32	26	18	12	6	30	22	16	9	7
	32	26	18	12	6	30	22	15	12	6
	30	25	20	11	6	26	24	15	12	6
	30	25	20	11	6	26	20	14	10	-
	27	25	20	10	6	25	20	16	10	—
	27	—	—	10	—	25	—	15	10	—
Durchschnitt	29,75	25	19,4	9,11	6,3	26,6	25	15,3	10,5	6,4

Tabelle VI.

Stud. M. (Bei horizontaler Stellung d. Linien.)

	Aussen.					Innen.				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
R. A.	50	40	30	28	8	35	30	25	20	7
	45	40	32	25	8	36	32	25	22	8
	45	35	32	26	8	37	31	27	20	7
	40	36	32	25	7	35	30	26	23	7
	40	36	28	25	8	33	30	25	20	7
	40	32	30	24	—	35	30	25	20	7
	40	35	30	25	—	—	—	24	—	—
	40	35	30	—	—	—	—	—	—	—
Durchschnitt	42,5	36	30,5	25,4	7,8	35	30,5	25,3	21	7
L. A.	40	35	30	24	7	35	30	25	22	8
	40	36	28	22	7	32	30	24	20	7
	45	35	27	20	8	33	28	24	20	7
	40	32	26	26	8	36	30	26	22	7
	40	30	30	25	7	35	30	25	24	7
	—	30	30	25	8	—	26	26	25	7
	—	30	28	25	—	—	—	26	20	7
	—	30	28	—	—	—	—	—	—	—
Durchschnitt	41	32,2	25.4	24	7,5	34,2	29	25	22	7

Die aus dem Vorhergehenden resultirenden Durchschnittszahlen können folgendermassen übersichtlich zusammengestellt werden.

	I		II		III		IV		V	
	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizont.	Vertical
Aussen .	$36,_{42}{}^0$	$33,_{32}{}^0$	$29,_{26}{}^0$	$26,_{01}{}^0$	$23,_{75}{}^0$	$21,_{35}{}^0$	$17,_{19}{}^0$	$15,_{5}{}^0$	$6,_{9}{}^0$	$5,_{7}{}^0$
Innen . .	$31,_{71}{}^0$	$28,_{51}{}^0$	$26,_{88}{}^0$	$22,_{65}{}^0$	$20,_{23}{}^0$	$16,_{66}{}^0$	$17,_{58}{}^0$	$12,_{97}{}^0$	$6,_{3}{}^0$	$5,_{01}{}^0$

Wenden wir uns jetzt zur Betrachtung derjenigen Zahlen, die ich bei Bestimmung der peripheren Sehschärfe mit Snellen'schen[1]) Buchstaben C, L, XX, X, V erhielt; eine Methode, die zur Bestimmung der centralen Sehschärfe allgemein gebräuchlich von Landolt, Dor und A. auch zur Bestimmung der excentrischen angewandt wurde.

---

1) Anmerkung. Es sind dies eine Reihe von Buchstaben, deren Grösse der Entfernung, in der sie von einem normalsichtigen Auge erkannt werden, angepasst ist. Sie sind nach einem bestimmten, als Norm angenommenen Sehwinkel berechnet. — Die Bezeichnungen C, L etc. bedeuten Buchstaben, die auf 100 resp. 50 etc. Fuss Entfernung noch wahrgenommen werden können. — Erkennt nun ein Auge die Buchstaben C nicht auf 100′ sondern auf 50′, so ist die Sehschärfe des betreffenden Auges eine geringere und stellt $^1/_2$ ($^{50}/_{100}$) der normalen dar.

Tabelle I, a.

Stud. F. (Rechtes Auge.)

	Aussen					Innen				
	C	L	XX	X	V	C	L	XX	X	V
	50	42	30	22	12	45	38	30	16	10
	50	40	34	22	10	45	38	35	15	10
	49	43	33	20	10	46	35	28	15	10
	48	40	34	18	10	50	37	26	15	-
	52	40	30	18	7	50	36	26	16	—
	50	40	—	20	7	46	36	30	16	—
	50	45	—	20	8	48	36	—	14	—
	52	45	—	16	10	—	—	—	15	—
Durchschnitt	50	42	32,4	20	9	47,5	36,5	27,5	15,25	10
	Oben					Unten				
	32	22	16	10	6	36	30	20	16	10
	32	22	16	9	9	36	28	20	14	9
	26	20	15	9	8	40	28	20	14	9
	25	20	14	9	7	35	26	—	12	10
	25	18	14	11	7	40	30	—	12	10
	30	19	16	10	7	40	30		12	9
	30	20	16	12	10	—	—	--	—	10
	30	20	—	12	8	-	—	—	—	10
Durchschnitt	28,75	20,12	15,3	10,25	8	37,83	28,66	20	13,33	9,6

Tabelle I, b.

Stud. F. L. A.

	Aussen.					Innen.				
	C	L	XX	X	V	C	L	XX	X	V
	50	45	35	20	10	50	35	28	16	8
	50	43	35	20	10	48	40	28	15	8
	52	43	32	20	9	48	40	30	15	9
	53	40	32	16	10	45	40	25	14	10
	55	42	30	17	8	50	41	25	14	10
	50	45	30	19	8	50	36	30	12	10
	52	45	30	15	8	46	38	30	13	7
	55	40	35	15	10	50	40	26	15	8
	—	—	—	—	—	—	—	25	12	8
Durchschnitt	52	43	32,4	18	9	48,4	38,7	27,7	14	7,5
	Oben.					Unten.				
	28	22	16	12	8	35	25	20	15	8
	30	24	17	12	8	36	28	22	14	9
	32	22	16	14	7	36	28	18	14	9
	32	20	15	10	7	35	30	18	12	9
	28	20	16	10	8	40	28	20	12	8
	25	18	15	12	9	40	26	20	15	9
	26	18	—	12	7	35	26	25	15	8
	26	—	—	—	—	30	25	22	—	8
	30	—	—	—	—	30	30	22	—	7
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Durchschnitt	28,9	20,5	16	11,7	7,7	35,2	27,3	22	14	8,4

Tabelle II, a.

Stud. G. R A.

	Aussen.					Innen.				
	C	L	XX	X	V	C	L	XX	X	V
	40	36	26	15	8	38	30	25	14	7
	45	36	30	12	8	35	26	24	15	7
	42	35	25	12	7	35	25	23	11	8
	42	32	26	12	6	36	28	24	12	8
	45	30	26	14	6	32	26	22	12	6
	45	35	25	15	8	32	26	20	10	6
	45	36	26	15	8	30	30	20	12	6
	—	—	30	12	7	30	25	20	12	—
Durchschnitt	43,4	34,4	26,7	13,4	7,25	33,5	27	22,25	12,25	6,85
	Oben.					Unten.				
	25	20	15	10	6	35	26	20	15	8
	22	18	15	10	7	32	26	20	15	7
	22	19	12	12	7	32	25	21	13	6
	24	20	12	12	6	35	25	22	12	6
	25	20	16	11	6	33	24	20	12	6
	25	18	15	10	6	34	20	21	13	7
	24	20	14	11	5	32	20	22	12	—
	—	20	15	12	7	35	26	21	12	—
Durchschnitt	24	19,4	14,25	11	6,25	33,5	24	20,87	13	6,6

Tabelle II, b.

Stud. G. R. A.

	Aussen					Innen				
	C	L	XX	X	V	C	L	XX	X	V
	45	35	20	14	8	35	30	20	12	6
	45	35	25	13	7	32	30	25	10	6
	42	33	25	14	8	33	30	22	12	7
	40	32	25	12	6	34	25	20	14	6
	46	33	25	12	7	36	26	25	15	7
	40	34	25	15	7	30	25	25	12	8
	41	—	—	15	7	30	25	20	15	6
	—	—	—	15	—	32	30	21	—	6
Durchschnitt	42,7	33,6	24,16	13,5	7	32,75	27,6	22.8	13	6,5
	Oben					Unten				
	30	21	16	12	6	34	26	19	14	8
	30	17	15	10	6	32	25	18	14	8
	22	20	12	10	7	35	25	22	16	6
	20	20	14	11	7	35	24	20	15	6
	22	18	15	12	5	33	26	20	12	7
	25	20	12	10	5	32	22	20	12	7
	26	20	12	11	6	34	22	—	12	8
	25	—	—	—	8	32	20	—	12	—
Durchschnitt	25	19	13,7	10,8	6	33,3	23.8	21.5	13,37	7

Tabelle III.

Stud. M. L. A.

	Aussen					Innen				
	C	L	XX	X	V	C	L	X	XX	V
	45	40	28	16	8	40	35	25	12	7
	46	35	30	16	7	43	32	25	15	6
	48	38	26	18	7	38	32	22	15	6
	50	40	26	20	6	40	32	24	14	6
	50	36	27	16	6	35	34	20	12	8
	45	40	30	16	6	35	35	22	12	7
	46	40	30	15	8	40	30	22	14	6
	46	—	—	16	6	38	32	25	14	6
	50	—	—	—	—	—	—	—	—	6
Durchschnitt	47,3	38,4	28	16,6	6,75	38,6	32,7	23	13,5	6,14

Tabelle IV.

Ego.

	Aussen.					Innen.				
	C	L	XX	X	V	C	L	XX	X	V
R. A.	50	40	35	20	10	44	37	25	18	8
	55	42	33	22	8	45	36	20	16	8
	52	42	32	18	9	35	36	32	20	8
	50	45	30	20	10	38	34	32	17	6
	50	45	35	20	9	38	35	26	16	7
	55	40	35	19	10	40	36	26	17	7
	-	40	30	21	10	40	36	25	18	8
	—	—	—	—	—	44	37	25	20	7
Durchschnitt	52	42	32,85	18,5	9,4	40,5	36	27,6	17,7	7.35
L. A.	50	45	30	20	9	42	35	26	20	8
	52	45	32	18	8	42	32	26	17	7
	50	42	35	18	10	39	34	26	16	7
	55	40	30	20	10	36	35	25	18	8
	52	44	30	22	9	40	34	24	20	9
	52	40	34	20	8	40	36	30	20	7
	54	45	32	20	10	36	35	25	20	—
Durchschnitt	52	43	32	19	9	39	34,4	26	18,7	7,5

Tabelle V.

Im Durchschnitte also für:

	C	L	XX	X	V
Aussen	48,5	39,5	29,7	17	8,2
Innen	40	33,28	25,18	14,81	7,48
Oben	26,66	20,25	14,8	11	7,3
Unten	35	25	21	13,7	8,15

Wie wohl zu erwarten war, sind die Resultate, die wir nach dem Vorliegenden zu verzeichnen haben, denen entsprechend, die bei unsren früheren Versuchen mit Puncten und Linien gewonnen wurden.

Dasselbe Verhältniss zwischen Aussen- und Innenseite, zwischen Ober- und Unterseite des Gesichtsfeldes ist auch hier zu verzeichnen. Nur die kleineren Buchstaben zeigen ein anderes Verhalten, indem sie in allen Richtungen der beiden Meridiane in gleicher Entfernung von der macula lutea erkannt werden.

Mustern wir jetzt die Tabellen und richten wir unser Augenmerk auf die Durchschnittszahlen, die bei den einzelnen Individuen die periphere Sehschärfe charackterisiren, so wird uns die Thatsache auffallen, dass, trotz gleicher centraler Sehschärfe, die periphere merkliche Unterschiede aufweist.

Den jüngsten Beitrag zur Lehre vom Raumsinn der Peripherie der Netzhaut hat Schadow[1]) geliefert. Derselbe benutzte bei seinen Untersuchungen nicht Snellen'sche Buchstaben, sondern die entsprechenden Zeichen für des Lesen's Unkundige. Die Zahlen, die er erhalten, sind etwas grösser als die Meinigen, stimmen aber sonst

1) Schadow. Pflügers Archiv u. s. w. 1879. Bd. XIX. pg. 439.

ziemlich gut mit denselben überein, wie aus folgender Zusammenstellung zu entnehmen ist:

Vom Centrum	5—8°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	66°	
Aussen	—	V	X	—	—	—	XX	—	—	—	L	C	Schadow.
Innen	—	V	X	—	—	XX	—	L	C	—	—	—	
Oben	V	X	—	XX	—	L	C	—	—	—	—	—	
Unten	—	V	—	—	—	XX	—	L	—	C	—	—	
Aussen	V	—	X	—	—	XX	—	L	—	C	—	—	Ego.
Innen	V	—	X	—	XX	L	—	C	—	—	—	—	
Oben	V	X	XX	L	C	—	—	—	—	—	—	—	
Unten	V	X	XX	—	L	—	C	—	—	—	—	—	

Ein jeder wird die Wiederholung solcher Versuche rechtfertigen, der die Literatur dieser Frage durchsieht und die unter einander keineswegs unbeträchtlich differirenden Angaben verschiedener Autoren vorfindet.

Schadow stellte einzelne Zahlen zusammen, in einer Tabelle, die ich hier weiter unten anführe und der ich noch Schadow's eigene und meine Angaben zufüge.

Vom Centrum.	Dor[1].	Königs-hofer	Dobrowolsky[2].				Schadow[3].				Ego.			
			A.	I.	O.	U.	A.	I.	O.	U.	A.	I.	O.	U.
5— 8°	1/4	1/7—1/10	—	—	—	—	—	—	1/5	—	1/5	1/5	1/5	1/5
8—10	1/15	1/8—1/20	—	—	—	—	1/5	1/5	1/10	1/5	—	—	1/10	1/10
15	1/30	1/50—1/100	—	—	—	—	1/10	1/10	—	1/10	1/10	1/10	1/20	1/20
20	1/40	—	—	—	—	—	—	—	1/20	—	—	—	1/50	—
25	1/50	—	1/10	1/10	1/10	—	—	—	—	—	—	1/20	1/100	1/50
30	1/70	—	—	—	—		—	1/20	1/50	1/20	1/20	1/50	—	—
35	1/100	—	—	—	—	—	1/20	—	1/100	—	—	—	—	1/100
40	1/200	—	1/20	1/30	—	1/50	—	1/50	—	1/50	1/50	1/100	—	—
45—50	—	—	—	—	—	1/80	—	1/100	—	1/100	1/100	—	—	—
55	—	—	–	1/70	—	—	1/50	—	—	—	—	—	—	–
60	—	—	1/40	—	—	—	1/100	—	—	—	—	—	—	—
76	—	—	1/70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

1) Dor. Dissertation. Erlangen 1876.

2) Dobrowolsky. Pflüger's Archiv u. s. w. Bd. XII.

3) Schadow. Pflüger's Archiv u. s. w. Bd. XIX.

Zum Schluss noch einige Worte über die Methode selbst.

So bestechend auch anfangs dieselbe erschienen sein mag, da die peripherische Sehschärfe augenscheinlich genau hiernach bestimmt wurde, spätere Untersuchungen zeigten, dass die Werthe, die hiebei gewonnen wurden, keineswegs constant bestehen blieben. — Auch bei denselben Individuen waren sie gewissen Variationen unterworfen. Meiner Ansicht nach, muss die Wahl der betreffenden Buchstaben schon auf das Endresultat ihren Einfluss üben, indem die einen leichter erkannt werden müssen als die anderen, je nachdem horizontale oder verticale Linien in denselben praevaliren.

Von grösster Bedeutung aber ist die Uebung, worauf Dobrowolsky-Gaine[1]) zuerst aufmerksam machten. Durch Uebung nämlich konnte die Sehschärfe bedeutend gehoben, die einzelnen Buchstaben viel weiter peripherisch erkannt werden.

Besser als jede Beschreibung illustrirt diese Thatsache folgende von Dobrowolsky-Gaine zusammengestellte Tabelle:

---

1) Dobrowolsky-Gaine. Physiologie de la retine. Annales d'Oculistique. Sept. 1876.

Einfluss der Uebung auf die periphere Sehschärfe.

Nummer der Buchstaben	Nach **4**-tägiger Uebung.				Nach **6**-wöchentlicher Uebung.					Nach **3** ½-monatlicher Uebung.			
	A.	I.	O.	U.	A.	I.	O.	U.		A.	I.	O.	U.
CC	45—38	25—38	30—24	32—26	80—78	55	40—35	45	1/200	80	55	45	50
C	40—30	34—25	25	28	80—72	55	40	45	1/100	80	55	45	50
LXX	38—30	28—24	24—20	28—26	62—58	48—44	35—30	40	1/70	80—76	55—50	45	50
L	34—30	27—23	22—17	23—21	55—48	45—40	30	40	1/50	71—68	50—45	38—35	41—39
XL	32—27	25—21	22—15	21—17	46—42	38—32	28—26	35—29	1/40	65—60	50—46	34—32	38—24
XXX	30—27	25—21	17—13	20—16	42—39	32	24—22	32—28	1/30	57—54	57—54	42—39	31—28
XX	25—20	22—18	14—11	20—17	36—32	30—27	23—20	30—25	1/20	48—42	35—28	22—19	24—21
XV	20—15	18—14	14—10	18—15	26—23	22—19	20—16	21—16	1/15	35—30	25—21	19	19
X	12— 9	10— 8	6	10— 8	21—18	17—14	14—10	18—12	1/10	24—20	21—27	16—14	17—15
VI	—	—	—	—	8—6	7	5	3	1/6	12—10	10	9	10
III½	—	—	—	—	4—3	4	3	6	1/3	7—6	6	4	4

Untersuchungen über den Licht- und Farbensinn der Netzhautperipherie.

Die Farbenempfindung in den peripherischen Netzhautparthien.

Dieser Gegenstand scheint ganz besonders von den einzelnen Autoren bevorzugt und mit Eifer behandelt worden zu sein. Die Literatur auf diesem Gebiete ist durchaus keine dürftige, das Beobachtungsmaterial ein sehr grosses. Statt aber die bis 1874 erschienenen Publicationen von Purkinje[1]), Hueck[2]), Aubert[3]), Helmholtz[4]) u. A. noch einer ausführlichen Besprechung zu unterwerfen, will ich nur auf die Arbeit Krükow's[5]) verweisen, welche über alle bis dahin erschienenen Werke ausführliche Referate liefert.

Alle stimmen darin überein, dass die Farben in der Peripherie anders empfunden werden, als im Centrum.

Wohl lautet die Antwort auf die Frage, wie die betreffenden Farben auf den peripherischen Netzhauttheilen empfunden werden, bei den einzelnen Autoren keineswegs gleich. Doch wird dieses theils individuellen Eigenthümlichkeiten im Bau eines jeden Auges, theils dem Umstande zuzuschreiben sein, dass verschiedene Forscher dieselben Farbennüancen etwas anders bezeichnen mögen; eine Con-

---

1) Purkinje. Beobachtungen und Versuche zur Phys. d. Sinne. 1825 II, pg. 15.

2) Hueck. Müllers Arch. 1840. pg. 45.

3) Aubert. Physiologie der Netzhaut. 1864. pg. 116.

4) Helmholtz. Physiologische Optik 1867. pg. 300.

5) Krükow. Arch. f. Ophthalm. Bd. XX. pg. 256.

trolle im gewöhnlichen Sinne ist hier ja nicht möglich, denn abgesehen von der Schwierigkeit, indirect eine Farbe als solche zu erkennen, fehlt es unsrer Sprache an Ausdrücken, die den verschiedenen feineren Nüancirungen derselben Farbe entsprechen. Dazu kommt noch die Unmöglichkeit, homogene Pigmente zu bekommen, die in der Natur bekanntlich nicht existiren. — Jeder Autor ist auf eine ihm passend dünkende Auswahl beschränkt. — Bei Untersuchungen mit Spectralfarben wiederum ist es die Methode, die die Resultate der Untersuchungen in hohem Grade beeinflusst.

Einige Forscher haben nun der äussersten Peripherie jede Farbenempfindung abgesprochen, andere Blindheit für verschiedene Farben praesumirt, und wiederum andere grade das Gegentheil behauptet und versichert, dass alle Farben bis an die äusserste Peripherie des Gesichtsfeldes erkannt werden, sobald sie intens genug sind.

Um den Werth der Angaben verschiedener Beobachter richtig beurtheilen zu können, muss man nothwendigerweise ähnliche Versuche selbst gemacht haben, wenn man nicht von vornherein einer bestimmten Autorität huldigt oder huldigen will.

Die Untersuchungen auf diesem Gebiete sind von den ersten Forschern mit farbigen Papierflächen angestellt worden. — Die Beobachtungen, die ich unten zu besprechen gedenke, wurden in ähnlicher Weise vorgenommen.

Untersuchungen mit Pigmentfarben.

Als Objecte dienten glanzlose pigmentirte Quadrate von 5, 10 und 15 mm. Seite, auf schwarzes Cartonpapier geklebt. Dieselben wurden am 5 cm. breiten, geschwärzten Bogen des Förster'schen Perimeters vom Centrum zur Peripherie und auch umgekehrt bewegt.

Der Perimeter wurde zwischen zwei Fenstern so aufgestellt, dass er vom diffusen Tageslicht möglichst gleichmässig beleuchtet wurde. — Wie in den vorhergehenden Versuchen zur Bestimmung der peripherischen Sehschärfe, musste das Auge unausgesetzt den ihm gegenüberliegenden Opunct des Perimeterbogens fixiren.

Die Uebelstände, die nach Krükow[1]) dieser Methode anhaften sollen, sind meiner Ansicht nach gar nicht vorhanden, denn wählt man einen gleichmässig dunklen Hintergrund, so wird die Netzhaut ebensowenig Reizungen von etwaigen fremdartigen Gegenständen ausgesetzt, wie bei den Versuchen, die Krükow nach seiner Methode vollführte[2]).

Auch scheint es mir irrelevant, ob ich das Object vom Centrum zur Peripherie oder umgekehrt bewege.

Die Beobachtung und Wahrnehmung der Farbennüancen ist an und für sich schon nicht leicht und die kleinen Unterschiede, die aus der einen oder der anderen Methode resultiren könnten, werden wohl kaum in Betracht zu ziehen sein. Die Schwierigkeit aber, längere Zeit unausgesetzt einen Punct zu fixiren, ist ein Uebelstand, mit dem jeder zu rechnen gehabt hat, den jeder Autor auch erwähnt.

Meiner Ansicht nach liegt das wirklich schwierige darin, feinere Farbennüancirungen indirect wahrzunehmen und richtig zu bezeichnen.

Es gehört daher, um alle Schwierigkeiten zu überwinden, eine gewisse Uebung und ja keine Uebereilung bei den einzelnen Untersuchungen. — Tritt irgendwie merkbare Ermüdung ein, so ist es besser für den Tag, eventuell für eine noch längere Zeit, die Beobachtungen auszusetzen. —

---

1) Krükow. A. f. O. Bd. XX 1. pg. 268.

2) Er experimentirte an einer geschwärzten Tafel.

Im Grossen und Ganzen aber kann man, wenn man den Augen in bestimmten Zwischenräumen die nöthige Ruhe gönnt, ohne sonderliche Mühe ziemlich lange am Perimeter ausharren.

Noch etwas ist zu beachten. Aubert[1]) und nach ihm auch Andere haben folgende Erscheinung beobachtet, eine Erscheinung, die auch ich im Laufe meiner Untersuchungen bestätigen konnte. Ein Gegenstand, der an einer gewissen peripher gelegenen Stelle der Netzhaut noch farbig erschienen war, wurde bald schwarz oder farblos, nahm aber sofort sein farbiges Aussehen wieder an, sobald man das betreffende Object nur etwas bewegte. Berücksichtigt man diese Thatsache nicht in gehöriger Weise, so können die Farbenzonen leicht zu eng gezeichnet werden.

Zunächst bestimmte ich die Farbengrenzen, d. h. denjenigen Moment, wo die betreffenden Farben mir farblos erschienen.

Die gewonnenen Zahlen beziehen sich auf mein rechtes Auge.

	Aussen	Innen	Oben	Unten	
Grün . .	52° —	32° —	30° —	34° 24′	5 mm²
	60° —	38° —	34° —	40° —	10 mm²
	66° —	43° —	38° 42′	44° 36′	15 mm²
Roth . .	52° 24′	34° —	30° —	32° 36′	5 mm²
	66° 24′	36° 18′	34° 42′	36° —	10 mm²
	76° 36′	43° 24′	40° —	42° —	15 mm²
Blau . .	60° —	42° —	31° —	40° —	5 mm²
	72° —	50° —	40° 36′	45° —	10 mm²
	82° —	56° —	45° —	60° —	15 mm²

1) Aubert. A. f. O. Bd. III 2. 1857. pg 57.

	Aussen	Innen	Oben	Unten	
Gelb . .	56° 12′	35° 36′	33° 12′	38° 18′	5 mm²
	64° —	38° 12′	36° —	38° 12′	10 mm²
	73° 2′	41° —	36° —	43° 36′	15 mm²
Violett .	57° 30′	36° 48′	30° —	35° 42′	5 mm²
	65° —	43° 30′	34° —	46° —	10 mm²
	90° —	56° —	45° —	65° —	15 mm²

Die oben angegebenen Werthe stellen die Mittelwerthe mehrerer Beobachtungen dar. Ich untersuchte nämlich die Pigmentflächen an verschiedenen Tagen, bei trübem und sonnenklarem Himmel. Selbstverständlich konnte erst nach mehrtägiger Uebung den gewonnenen Zahlen überhaupt ein Werth beigelegt werden.

Nach Schön[1]) betragen die normalen Farbengrenzen für Blau, Roth und Grün (die Quadrate hatten 20 mm Seite).

	Blau	Roth	Grün
Aussen	65°	60°	40°
Innen	60°	50°	40°
Oben	45°	40°	30—35°
Unten	60°	50°	35°

Vergleicht man diese Zahlen mit den meinigen, so findet man, dass beide verhältnissmässig gut übereinstimmen. — Nur ist bei mir das characteristische Uebergewicht der inneren Hälfte des horizontalen Netzhautmeridians der äusseren gegenüber weit mehr ausgesprochen. — Für Grün constatirt er z. B. gar keine, für Blau nur eine sehr geringe Differenz, während bei mir dieselbe ziemlich beträchtlich

1) Schön. Ueber die Grenzen der Farbenempfindungen in patholog. Fällen — Klin. Monatsbl. für Augenheilk. v. Zehender 1873. pg. 171.

ist. — Stellen wir nun die Verhältnisse, die zwischen A. I. O. U. bestehen, graphisch in einer Projectionszeichnung der Netzhaut dar, so tritt uns nach meinen Angaben dieselbe querelliptische Zeichnung entgegen wie bei dem Gesichtsfelde, nach den Daten von Schön aber nähert dieselbe sich mehr dem Kreise. Noch mehr ausgesprochen ist dieses bei Woinow[1]), denn für Roth und Grün sind die Farbenzonen bei ihm vollständig ringförmig.

Was nun die einzelnen Farben anbetrifft, so erstrecken sich bei Schön wie bei mir die Grenzen des Blau weiter als die des Roth, und diese wiederum weiter als die des Grün. Diese Uebereinstimmung kann aber auch blos Zufall sein, da die Ausdehnung der einzelnen Farbenzonen im hohen Grade von den in Anwendung gezogenen Pigmenten abhängt. — Es ist mir aber unbekannt, ob ich dieselben Pigmentflächen bei meinen Untersuchungen gebraucht wie Schön. Mustert man die Daten in meinen Tabellen, so wird man leicht sich überzeugen, dass, bei 15 mm Seitenhöhe der Quadrate zwischen den Farben- und Gesichtsfeldgrenzen immer noch eine Strecke von etlichen Graden sich befindet, in welcher die Pigmentfarben nicht mehr als solche erkannt werden, d. h. farblos erscheinen. — Es würden somit scheinbar diejenigen Forscher Recht haben, die eine Farbenblindheit der Netzhautperipherie annehmen. — Doch ist hiebei ein Moment zu berücksichtigen, nämlich der Einfluss der Grösse des farbigen Objectes auf die Ausdehnung der betreffenden Farbengrenzen.

Meines Wissens sind Woinow[2]), Krükow[3]) und

---

1) Woinow. A. f. O. Bd. XIV pg 212

2) Woinow. A. f. O. Bd. XXI$_1$. pg. 225.

3) Krükow. A. f. O. Bd. XX$_1$. pg. 288.

Schelske[1]) (für Roth) die Einzigen, welche die Grenzen der Wahrnehmbarkeit der einzelnen Farben scharf gezeichnet haben wollen.

Nach Aubert[2]) Helmholtz[3]) Raehlmann[4]) Klug[5]) u. A. werden durch Vergrösserung des farbigen Objectes, die Grenzen der Wahrnehmbarkeit einer Farbe erweitert.

Ein Blick auf die Tabelle (pg. 58) genügt, um zu entscheiden, welcher Parthei ich mich anschliesse.

Dass der Hintergrund, an dem die Farben untersucht werden, für die Grenzen, wo die Farbenempfindungen aufhören, von Bedeutung sei, habe ich bei wiederholt angestellten Controllversuchen mit Quadraten, die auf schwarzem und weissem Cartonpapier geklebt waren, wohl constatiren können; eine Behauptung, der Krükow und Woinow, z. B. jede Giltigkeit absprechen.

Die Farbenveränderungen in den excentrischen Theilen der Netzhaut.

Es ist die Thatsache, dass ein farbiges Object in gewisser Entfernung von der fovea centralis, anders gefärbt resp. farblos erscheint, von allen Beobachtern bestätigt worden. Davon kann ohne besondere Schwierigkeit sich jeder leicht überzeugen.

Alle Farben ohne Ausnahme ändern sogleich nach Entfernung vom Centrum (dem Fixationspuncte am Perimeter) ihren Ton. — Freilich nennen wir sie immer noch

---

1) Schelske. A. f. O. Bd. IX$_3$. pg. 39.

2) Aubert. Phys. d. Netzhaut. 1864.

3) Helmholtz. Physiologische Optik.

4) Raehlmann. Farbenempfindung der Peripherie u. s. w. Halle 1872.

5) Klug. A. f. O. XXI$_1$ pg. 251.

roth, blau etc., weil wir eben für geringe Differenzen keine bezeichnenden Worte finden.

Das Roth z. B. ist blasser, matter, unbestimmter als das Roth, wie es im Centrum uns erscheint. — Weiter peripherisch mischt sich demselben immer mehr ein gelblicher Ton bei, woraus gewisse Abstufungen des Roth, von Orangeroth bis Hellgelb resultiren. — An den äussersten Grenzen der Netzhaut ändert das farbige Object vollständig seinen Character und nimmt ein farbloses, unbestimmtes grauweisses Aussehen an. — Die letztere Erscheinung wird aber nur dann beobachtet, wenn der untersuchte farbige Gegenstand eine bestimmte Grösse nicht überschreitet.

Aehnlich verhält es sich mit dem Grün: auch dieses wird blässer, um in gewisser Entfernung vom Centrum als mehr oder weniger ausgesprochenes Gelb aufzutauchen. Das Gelb des Grün ist matter noch als das Gelb des Roth. Noch mehr zur Peripherie wird es immer heller und geht schliesslich fast unmerklich in weiss über. Letzteres ist auf der Temporalseite der Netzhaut besonders ausgesprochen.

Violett geht meinen Erfahrungen nach nicht allsogleich (wie einige Autoren es angeben) in ausgesprochenes Blau über; erst allmählich ist anfangs die hellblaue, daraufhin die dunkelblaue Nüancirung deutlich zu beobachten.

Blau wird heller, in der äussersten Peripherie aber wieder dunkler.

Gelb wird auch heller, und verschwindet als ziemlich helles Weiss.

Alle diese Veränderungen sind am deutlichsten auf der Temporalseite der Netzhaut zu beobachten.

Aubert[1]), Raehlmann[2]), Woinow[3]) u. A. haben Aehnliches constatirt. Geringe individuelle Abweichungen sind hier nicht in Betracht zu ziehen.

Es ist ferner nicht abzuleugnen, dass die Uebergänge für ein und dasselbe Auge ziemlich constant bei ein und demselben Winkelabstand vom Centrum erfolgen; da die Aenderung des Farbentones aber keineswegs abrupt, sondern allmählich geschieht, so ist es meines Wissens nach äusserst schwer die Grenze genau zu bestimmen, wo die eine Farbennüance in die andere übergeht. Solches ist daher mehr oder weniger der Willkühr des Einzelnen überlassen. Ich habe daher den Daten, die ich hiebei gewann, weiter keine Bedeutung beigelegt und sie daher hier nicht erwähnt.

Zum Schlusse möchte ich noch der Angaben von Kries[4]) erwähnen, der in Bezug auf die Veränderung des Farbentons in der Peripherie (für das indirecte Sehen) Folgendes anführt:

Roth geht durch Gelb in Weiss über,

Orange durch Gelb in Weiss,

Grün I durch Gelb in Weiss,

Grün II durch Blassblau in Weiss,

Gelb (ein wenig grünlich) in Weiss (wobei der grünliche Stich verloren geht);

Blau wird ohne Veränderungen des Farbentones farblos,

Violett geht durch Blau in Weiss über.

(Grün I ist ein leicht gelbliches, Grün II ein bläuliches Grün).

---

1) Aubert. Ueber die Grenz. d. Farb. etc. A. f. O. 1857. Bd. III$_2$ pg. 43.

2) Raehlmann. Ueber Farbenempfindung in den peripher. Netzhautparth. etc. Halle 1872.

3) Woinow. Zur Farbenempfindung. A. f. O. XIV$_1$. pg. 212.

4) Kries. Die Gesichtsempfindungen u. ihre Analyse. Lpzg. 1882. pg. 93.

Untersuchungen mit Spectralfarben.

Schelske ist meines Wissens der Erste gewesen, welcher bei seinen Versuchen über Farbenempfindung im indirecten Sehen Spectralfarben benutzte, obgleich den anderen Forschern es auch längst nicht unbekannt gewesen sein mag, dass Pigmentfarben nie rein zu erhalten seien und daher nicht so zuverlässige Daten liefern können. — Ihm folgten Raehlmann [1]), Landolt [2]) und in neuerer Zeit auch Klug [3]).

Alle, mit Ausnahme des Letzteren, haben das Sonnenspectrum benutzt.

Die verschiedenen Modificationen einer Methode bezogen sich auf die Art und Weise, die einzelnen Farben des Spectrums zu isoliren und so der Beobachtung zugänglich zu machen. — Ich unterlasse eine ausführliche Beschreibung derselben, indem ich auf die einzelnen Arbeiten selbst verweise, und gehe gleich zur Besprechung ihrer Versuchsresultate über.

Schelske [4]) experimentirte in der Voraussetzung, dass die Netzhaut in einer gewissen Entfernung von der macula lutea rothblind sei. Nach ihm sind die Grenzen der normalen Farbenempfindung nach oben von der Sehaxe 37°, nach unten 38°, nach innen 68°, nach aussen 53°. Darüber hinaus erscheint Roth farblos und lichtschwach, Gelb «lauchgrün», Grün grauweiss mit einem Stich in's Bläuliche, Blau grünlichblau und weisser; Violett zeigt sich in dunkelblauer Farbe. — Demnach

1) Raehlmann. A. f. O. 1874. Bd. XX 1. pg. 15.

2) Landolt. Zehender. Klinische Monatsbl. für Augenheilk. 1873. XI. Jahrgang pg 376.

3) Klug. A. f. O. 1875. XXI 1. pg. 251.

4) Schelske. A. f. O. Bd. IX 3. pg 44.

wurde die Empfindung einer jeden Farbe, entsprechend dem Mangel an Roth empfindung verändert.

Landolt[1]) wiederum fand durch seine Untersuchungen die Ansicht bestätigt, die Donders a priori ausgesprochen hatte, dass nämlich alle Farben bis an die äusserste Peripherie des Gesichtsfeldes noch richtig erkannt werden, so bald sie nur intens genug sind. Er fand dieses sowol bei Versuchen mit Pigmentfarben, welche er im dunklen Raume mit directem Sonnenlichte beleuchtete, vor Allem aber bei seinen Versuchen mit möglichst intensiven Spectralfarben und Adaptation des Auges für das Dunkel. Er folgerte hieraus, dass die Peripherie höchst wahrscheinlich in allen Functionen dem Centrum der Netzhaut bei herabgesetzter Beleuchtung gleichzustellen sei.

Raehlmann[2]) fand bei seinen mit Spectralfarben angestellten Versuchen, dass Roth bei einem gewissen Abweichungswinkel in röthlich orange, dann in Gelb übergeht und endlich in helles Weiss. Violett geht in Blau, Grün in Goldgelb, Hellgelb, Weiss über. Gelb und Blau werden allmählich heller und gehen in Weiss über.

Die Uebergänge hängen nach Raehlmann mit der Lichtintensität zusammen.

Helmholtz[3]) erklärt bekanntlich die Aenderungen in der Farbenempfindung bei wechselnder Intensität der Beleuchtung durch die Annahme, dass in den drei von ihm angenommenen Nervenfaserarten die Empfindungsstärke nicht proportional der Lichtstärke wachse, sondern, dass sie in den violettempfindenden Nervenelementen bei steigender Intensität anfangs schneller, später langsamer wachse, als in

---

1) Landolt-Zehender etc. 1873. pg. 376.

2) Raehlmann. A. f. O. Bd. XX. pg. 15. 1874.

3) Helmholtz. Physiolog. Optik. pg. 320.

den grünempfindenden, in diesen ebenso in Vergleich mit den rothempfindenden.

Raehlmann überträgt nun diese Verhältnisse auf die Netzhautperipherie. Er sagt (pg. 25 seiner Abhandlung: Ueber Verhältnisse der Farbenempfindung bei directem und indirectem Sehen. A. f. O. Bd. XX. 1874): «Uebertragen wir nun diese Verhältnisse auf das indirecte, periphere Sehen, so sind sämmtliche Erscheinungen ohne Schwierigkeit erklärt, sobald wir annehmen, dass auf Grund der oben erwähnten anatomischen oder besonders physiologischen Verhältnisse der Elemente rücksichtlich der Erregbarkeit, das Wachsen der Empfindungsstärke mit der Lichtintensität nach den excentrischen Netzhautparthien zu immer stärker erfolge, mithin für jede Faser ein gewisses Maximum der Empfindung früher, also bei einer relativ geringeren Reizung eintrete. Es würde dann für den Effect dasselbe sein, ob, wie wir es für die Peripherie der Netzhaut annehmen, für dieselbe Lichtstärke die Empfindungsstärke sich ändert, oder ob, wie es bei directem Sehen der Fall ist, bei gleicher Empfindungsstärke die Lichtstärke variirt. — Wir können also unter jener Praemisse die oben berührten Thatsachen direct übertragen und finden demnach, dass ein Roth von einer gewissen schwachen Intensität, welches bei directem Sehen seine Farbe noch zeigt, weil das bezügliche Erregungsverhältniss der rothempfindenden Elemente, gegenüber dem der grün- und violettempfindenden in gehörigem Grade prävalirt, mehr oder weniger excentrisch betrachtet, die rothempfindenden Fasern bei gleicher objectiver Lichtstärke schon ad maximum erregen würde. Nun würde, da die Rothempfindung nicht weiter oder nur sehr schwach steigt, die Grünempfindung ansteigen und ein solches Grössenverhältniss zu der des Roth annehmen, dass die Empfindung der Mischfarbe Gelb resultirt. — An einer weiter

peripherisch gelegenen Stelle, wenn auch die Grünempfindung zu einem gewissen Maximum gestiegen ist und relativ langsamer ansteigt, würde dieselbe rothe Fläche, weil nun auch die von rothem Lichte am schwächsten afficirte violettempfindende Faser in merklicher Weise erregt wird, durch Hellgelb in Weiss übergehen etc. etc.»

Im Anschluss hieran möchte ich einiger Versuche erwähnen, die von mir mit farbigen Gläsern angestellt wurden. Ich beabsichtigte damit die Behauptung Landolt's, dass alle Farben bis an die äusserste Peripherie des Gesichtsfeldes noch richtig erkannt werden, sobald sie nur intens genug sind, auf ihre Berechtigung hin zu prüfen.

Da ich Spectralfarben von der wünschenswerthen Intensität nicht untersuchen konnte, so wählte ich aus einigen mir zur Disposition stehenden Glassorten die reinsten, muss aber gestehen, dass nur das rothe Glas allen Anforderungen entsprach. — Die Grösse der untersuchten Farbenflächen betrug beziehungsweise 2, 4, 8, 16 □mm.

Die einzelnen Beobachtungen wurden in einem absolut dunklen Zimmer, bei vollständiger Adaptation der Netzhaut ausgeführt. Mein rechtes Auge befand sich hiebei im Krümmungsmittelpuncte eines Perimeterbogens von 30 cm. Radius.

Demselben grade gegenüber, dem Opunct des Perimeters entsprechend, wurden die einzelnen Farben, die untersucht werden sollten, angebracht. Die einzelnen Glassorten befanden sich in einem besonders hiezu hergerichteten Blendungskasten und wurden durch das Licht einer matten Glastafel erhellt. Letztere wurde ihrerseits durch eine starke Blendlaterne erleuchtet, deren Licht durch eine Convexlinse noch mehr concentrirt wurde.

Die Intensität der Beleuchtung war dabei so stark, dass das Roth z. B. im Centrum der Netzhaut als Orange-

gelb empfunden wurde. Um ein gesättigtes Roth zu bekommen, mussten 3 resp. 4 Rauchgläser vorgesetzt, die Intensität also vermindert werden.

Liess ich mein Auge einer, den Perimeterrand entlang gleitenden, in der Dunkelheit eben sichtbaren schwach phosphorescirenden Marke nach aussen und innen folgen, so setzte ich beziehungsweise die an der äusseren und inneren Seite der Netzhaut gelegenen Elemente der Reizung des farbigen Objectes aus. Im Gegensatz zu den mit Pigmentpapieren angestellten Versuchen, blieb das Object unbeweglich und bewegte sich das Auge.

Die Uebergänge der Farben aus einer Nüance in die andere konnten auch hier leicht beobachtet werden, und stimmten dieselben mit den bei Pigmentpapieren constatirten sehr gut überein.

War nun, bei einer gewissen niederen Intensität der Beleuchtung und bei einer bestimmten Grösse des untersuchten Farbenfeldes, der Moment, wo in der Peripherie nur eine Lichtempfindung eintrat, constatirt, und steigerte man die Intensität der Beleuchtung, so resultirte eine Farbenempfindung; doch kam dieselbe nie der centralen gleich. Roth wurde z. B. nie als solches auch annähernd empfunden, sondern nur als helles Gelb.

Die Entfernung von der macula lutea, in welcher dieses beobachtet werden konnte, hing von der Grösse der untersuchten Farbenflächen ab. — Wenn dem eingewandt werden sollte, dass eine noch höhere Intensität der Beleuchtung möglicherweise doch eine Farbenempfindung hervorbringen würde, die der centralen gleichkäme, so stellt sich dem folgende Beobachtung entgegen, die ich am präcisesten freilich wiederum beim Roth und mit der temporalen Hälfte des horizontalen Netzhautmeridians machen konnte. — Hatte ich mein Auge beispielsweise so weit nach aussen

abgelenkt, dass das centrale Roth als Orange empfunden wurde und steigerte ich die Intensität der Beleuchtung, so sah ich ein leuchtendes Goldgelb. — Es ist durch diese Beobachtung für mein Auge die Thatsache sichergestellt, dass bei höherer Intensität der Beleuchtung die charackteristischen Farbenveränderungen auf der Netzhautperipherie früher auftreten, die Grenzen, innerhalb welchen eine Farbe rein empfunden wird, enger zu ziehen sind.

Solches ist auch von Raehlmann beobachtet worden. Er sagt (A. F. O. XX. 1 pg. 253), dass die Grenze der absoluten Empfindung und die Grenze der richtigen Erkenntniss der angewandten Farbe sich einander entgegengesetzt verhalten wie die Lichtstärke, so dass die absolute Empfindung mit der Lichtstärke grösser, die Zone aber, innerhalb welcher die Farbe noch als solche erkannt wird, kleiner wird.»

Erst nach Abschluss meiner Versuche, als diese Blätter dem Drucke übergeben werden sollten, kam mir eine Abhandlung Charpentier's[1]) zu Gesicht, der grade das Gegentheil behauptet. Charpentier berücksichtigte nur die äussere Hälfte des horizontalen Gesichtsfeldmeridians. Als Leuchtquelle benutzte er eine electrische Lampe (System Reynier, modificirt von A. Gaiffe). — Die einzelnen Farben wurden dadurch gewonnen, dass 4 gutgefärbte Gläser vor der Lampe placirt wurden. — Das rothe Glas war ganz rein. Das gelbe und grüne liessen alle Strahlen des Spectrums in verschiedener Menge durch. Das blaue Glas, die blauen, ein wenig grün und roth. Jedenfalls erschienen die Farben dem Auge von genügender Sättigung.

---

1) Charpentier. Perception des couleurs etc. Archives d'Ophthalmologie 1883. III. Nr. 1. pg. 12.

Die einzelnen Beobachtungen wurden in gewöhnlicher Weise am Perimeter ausgeführt. — Die electrische Lampe wurde am äussersten Ende der temporalen Seite des Perimeterbogens angebracht, d. h. in einem Winkelabstande von 90°, vom gewöhnlichen Fixationspunkte an gerechnet. Es wurde auf diese Weise der äussersten Peripherie die Anforderung gestellt die Farben zu erkennen. — Sowohl ihm (Ch.), als auch seinem Assistenten Bernardy gelang solches ohne jegliche Schwierigkeit. Die Schlussfolgerungen sind folgende:

1) Il est bien certain, que les parties péripheriques de la retine ne sont pas achromatopes; elles sont capables de percevoir toutes les couleurs tout au moins les couleurs primitives.

2) Les couleurs, pour être perçues par la péripherie de la rétine, doivent être très intenses.

3) La condition d'intensité est la seule nécessaire, et il n'est pas besoin, comme le voulait Aubert, d'opérer avec des surfaces colorées très-étendues. (Dans les experiences précédantes on présentait á l'oeil un simple point lumineux).

4) La rétine, si elle n'est pas achromatope á la péripherie, pourrait être dyschromatope etc. etc.

Soweit Charpentier; doch kann ich aus seinen Angaben nicht ersehen, ob er die betreffenden Farben rein oder als Uebergangsfarben erkannte. — Jedenfalls sind weitere Beobachtungen sehr erwünscht.

Die Puncte, in denen meine Daten mit den Angaben Landolt's und Charpentiers differiren, habe ich schon angeführt, hier will ich zunächst noch Klug erwähnen, der Manches Abweichende bietet.

Nach ihm geht:

Roth in eine farblose Empfindung über, und zwar tritt diese Veränderung in den gegen den äusseren Augenwinkel gelegenen Theilen der Netzhaut rascher auf, als in den übrigen Netzhautparthien. — Es umgiebt also nach

ihm den rothen Theil des Sehfeldes kein Orange und dieses kein Gelb.

Gelb wird matter und geht immer mehr in's Grüne über, weiter peripherisch nimmt auch dieses ab und verschwindet endlich.

Grün geht in eine farblose, matte Empfindung über.

Blau wird immer weniger gesättigt und zeigt sich endlich wie ein dunkler Nebel.

Violett wird alsobald als Blau empfunden.

Als Lichtquelle benutzte Klug das Leuchtgas, möglich, dass dieser Umstand das Abweichende seiner Resultate bedingt.

Klugs Beobachtung, Gelb sehe in der Peripherie Grün aus, findet man unter Anderem auch bei Schelske bestätigt (cf. pg. 64).

An und für sich ist diese Angabe ja nicht zu verwerfen, doch scheint Klug eine Stütze für seine Behauptung in dem Umstande zu sehen, dass Gelb in gewisser Entfernung direct betrachtet grünlich erscheine. Dann müsste man ja voraussetzen, dass Grün z. B., welches unter einem kleineren Gesichtswinkel, also in grösserer Entfernung hellblau[1]) erscheint, in den excentrischen Netzhautparthien diese Nüance annimmt. — Eine Voraussetzung, die mit dem thatsächlichen Verhalten nicht in Einklang zu bringen ist.

In der Frage, über den Einfluss der Grösse des farbigen Feldes auf die Farbenempfindung in der Netzhautperipherie, constatirt Klug den Befund, dass mit Vergrösserung der Fläche auch eine Verbreiterung der Grenzen zu notiren sei, innerhalb welchen eine Farbe als solche noch erkannt werden kann.

---

1) cf Aubert. Physiologie d. Netzhaut. pg. 114.

Raehlmann[1]) ist bei seinen Untersuchungen mit Spectralfarben zu entgegengesetzten Resultaten gelangt. Je grösser die Fläche gewählt wurde, desto eher schien sie ihm in ihre Veränderungen überzugehen. Ich neige mich mehr der Klug'schen Ansicht zu, da dieselbe mit den Daten, die ich bei den Pigmentfarben erhalten, durchaus übereinstimmt.

Ferner giebt Klug an, dass die Grösse des Abweichungswinkels, unter welchem eine Farbenfläche von gewisser Grösse in ihre Uebergangsfarbe sich verändert, insofern von der Lichtstärke der Fläche abhängt, als bei Steigerung der Intensität die Grösse der Empfindung im obigen Sinne zunimmt. — Die gegentheilige Beobachtung von Raehlmann und mir ist vielleicht so zu erklären, dass wir vom Maximum, Klug von einem gewissen Minimum der Lichtintensität ausgegangen ist. Denn Helmholtz, Aubert etc. haben gezeigt, dass bei einem gewissen Maximum der Lichtintensität schon bei directem Sehen Farbenveränderungen stattfinden.

Die negativen Nachbilder in der Peripherie der Netzhaut.

Die Einzigen, die nach Aubert dieser Frage ihre Aufmerksamkeit schenkten, waren meines Wissens, Adamük[2]) und Woinow. Letztere wurden bei ihren gelegentlich angestellten Versuchen über: «Doppelbilder bei parallelen und convergenten Sehlinien», durch den Umstand, dass das Gesammtbild eine andere Färbung zeigte, als die beiden Halbbilder, zunächst zur Untersuchung angeregt, ob es mit den Nachbildern sich nicht ebenso verhalte.

---

1) Raehlmann. A. f. O. Bd. XXI. pg. 20.

2) Adamük und Woinow. A. f. O. Bd. XVII. pg. 130.

Hiebei fanden sie, dass von ein und demselben Objecte verschieden gefärbte Nachbilder erzeugt wurden, je nachdem Centrum oder Peripherie der Netzhaut gereizt worden. Dieses Verhalten war vor ihnen von keinem Forscher beobachtet, und so entschlossen sie sich zu genaueren Untersuchungen auf diesem Gebiete.

Die Resultate sind nun in mancher Beziehung den Ansichten total widersprechend, die Aubert, Purkinje, Helmholtz vertreten.

Untersuchungen auf diesem Gebiete mussten daher besonders wünschenswerth erscheinen.

Freilich muss man hier noch mehr das Urtheil über seine Empfindungen schärfen lernen. Wenn es schon schwierig genug war, über die betreffende Farbennüace in der Peripherie der Netzhaut genau sich Rechenschaft zu geben, wo das Object doch längere Zeit hindurch beobachtet werden konnte, wie viel schwieriger hier, wo der Eindruck nur wenige Secunden dauert und die geringste Augenbewegung störend eingreift.

Die Beobachtungen wurden von mir wiederum am Förster'schen Perimeter ausgeführt, unter denselben Vorsichtsmassregeln, die die Genauigkeit der Untersuchungen möglichst garantirten. Der sonst schwarzgefärbte Bogen wurde mit einem matten weissen Papier überzogen.

Den farbigen Quadraten von 1,5 resp. 2 cm. Seite konnte am Perimeter vermittelst eines dünnen Stiels, an dem sie befestigt wurden, verschiedene Stellungen in den verschiedenen Meridianen des Gesichtsfeldes, denen der Netzhaut entsprechend, verliehen werden. Ich beschränkte mich auf die obere und untere Hälfte des verticalen, und auf die innere und äussere Hälfte des horizontalen Netzhautmeridianes.

Indem ich nun zwei farbige Quadrate derselben Grösse im Centrum und in der Peripherie gleichzeitig beobachtete,

bekam ich, wenn ich beide Objecte plötzlich wegzog, zwei Eindrücke, die mit einander in Bezug auf Färbung, Farbenintensität und Dauer verglichen werden konnten.

Hiebei bin ich zu Resultaten gelangt, die Adamük und Woinow's Sätze vollkommen bestätigen.

Die peripherischen Nachbilder sind anders gefärbt als die centralen.

Diese Erscheinung ist in allen Meridianen der Netzhaut festzustellen. Am meisten ausgesprochen und am leichtesten zu beobachten aber an der äusseren Hälfte des horizontalen Netzhautmeridians.

Was die Intensität der peripherischen Nachbilder anbetrifft, so muss ich meinen Erfahrungen nach mit Aubert insofern übereinstimmen, als auch mir dieselben viel weniger intensiv erschienen, als die centralen.

Der Behauptung Adamük's und Woinow's, das blaue Nachbild des Grün erscheine an den peripherischen Stellen des Sehfeldes, wo Grün als intensives Gelb empfunden wird, viel intensiver, als das rosarothe Nachbild des Grün im Centrum, kann ich nicht beipflichten, doch wird man solches leicht erklärlich finden, wenn man sich ins Gedächtniss zurückruft, dass mir bei meinen Versuchen mit Pigmenten das Grün keineswegs in der Peripherie „intensiv" gelb erschien.

Wenn ich im Allgemeinen die Wahrnehmung gelten lassen muss, dass, sobald das Object scharf gesehen wird, auch das Nachbild scharf begrenzt erscheint, so möchte ich doch bemerken, dass solches unbedingt nicht immer der Fall zu sein braucht. Oft erschien mir das Nachbild eines ziemlich scharf gesehenen Quadrats als ein farbiger Nebelfleck.

Was die Dauer der peripheren Nachbilder anbetrifft, so konnte ich mich leicht davon überzeugen, dass dieselben kürzere Zeit dauerten als die centralen, konnte

ich doch nach meiner Methode ohne Weiteres das Centrum direct mit der Peripherie vergleichen.

Adamük und Woinow[1]) haben die Dauer der peripherischen Nachbilder genau gemessen, und die Daten tabellarich geordnet. Da dieselben eine gewisse Gesetzmässigkeit beanspruchen, so erlaube ich mir dieselben hier anzuführen.

Tabelle I.

Roth.

Die Dauer des centralen Nachbildes für Woinow 12″, für Adamük 11″.

5— 6— 5+ 6+ etc. bedeuten d. Dauer weniger als 5″ resp 6″ oder mehr als 5″ od. 6″. — W. = Woinow, A = Adamük.

	14°	56′	28°	4′	33°	39′	46°	51′	53°	8′	57°	59′
0°	7	5+	6	4+	4+	4+	3	3	3—	3—	—	—
45	7	6	6+	5	5	5	4	3	3+	2+	3—	2—
90	6+	6—	6—	5	5	5+	4	3+	3	2	2+	2
135	6+	7	5	4	4	5—	4+	3	4	2+	3+	2
180	7	6+	5+	5	5	4	3	3	3	3	—	—
225	7+	6	5—	4+	4+	3+	2+	3—	2—	2—	—	—
270	7+	7	5+	5	5	4+	4	3	3+	2	—	—
315	8	7	6—	6	5—	5—	4	3+	3+	2	—	—
	W.	A	W.	A.	W.	A.	W.	A.	W.	A.	W.	A.

1 Adamük und Woinow. A f O. Bd XVII. pg 135.

Tabelle II.

Grün.

Die Dauer des centralen Nachbildes für Woinow 13″, für Adamük 12″.

	14°	56′	28°	4′	38°	39′	46°	51′	53°	8′	57°	59′
0°	7	5—	6	3	4	3—	3—	2	1+	1	—	—
45	7	5—	5+	4	5—	3	5	3—	4	3—	3	2
90	7+	5	6	4	5—	3	4	3—	4	2	3+	2—
135	8	5+	7	4	3+	3	3+	2+	3—	2	3—	2—
180	7	7	5+	4+	3	4	3—	3	2	2	—	—
225	9+	10	5+	7	5	5	3	4	2	3	—	—
270	6+	8	5—	7	3+	4	3	4	2—	3	—	—
315	6+	7	5+	6	3+	5	3—	4	2—	3	—	—
	W.	A.	W	A.	W.	A.	W.	A.	W.	A.	W.	A.

Tabelle III.

Blau.

Die Dauer des centralen Nachbildes für Woinow 16″ für Adamük 14″.

	14°	56′	28°	4′	38°	39′	46°	51′	53°	8′	57°	59′
0°	9	8+	8—	6	6+	4+	4—	3+	3—	3—	—	—
45	9—	7+	8—	5	7	4	6+	3+	5—	2+	3+	1+
90	12	9+	9+	8	9	6+	6+	5	5	4	4+	2
135	10	8+	8+	6	6+	5	6—	3+	4	3+	4—	3—
180	10+	9	7+	5+	6	4	4	3	3	2	—	—
225	12+	8+	6+	5	5—	4	3+	3—	2	2—	—	—
270	9+	10+	6+	6+	5+	5+	5—	5—	3+	4	—	—
315	6	7+	6	6—	5	5+	5—	4+	3—	3+	—	—
	W.	A.	W.	A.	W.	A.	W.	A.	W.	A.	W.	A.

Tabelle IV.

Weiss.

Die Dauer des centralen Nachbildes für Woinow 11″, für Adamük 9″.

	14°	56′	28″	4′	38″	39′	46°	51′	53°	8′	57″	59′
0″	6+	5	6—	4	4	3+	3+	2+	2	2—	—	—
45	7	6	4+	4+	3	3+	3—	3	3—	3—	2—	2—
90	8	7	5	5—	4—	4—	3+	3+	3—	3	2	2—
135	10	6	5—	5—	5—	4	4+	3	2	3—	2—	2—
180	8	6	6	5—	4—	4+	3	4—	2+	3	2—	1+
225	10—	5+	6—	5—	3+	4—	4—	3	2+	1+	—	—
270	8—	5+	5+	4+	3+	3	3—	3—	2	2—	—	—
315	8	7	5—	5	3	4	3	3	2—	2+	—	—
	W.	A.	W.	A.	W.	A.	W.	A.	W.	A.	W.	A.

Aus diesen Tabellen ergiebt sich der Schluss: je mehr peripherisch das Nachbild erzeugt ist, desto kürzere Zeit dauert es, ein Schluss, der mit der Behauptung Aubert's vollständig im Einklange steht.

Untersuchte ich in der Peripherie $^1/_4$, $^1/_2$, 1 Bogen des rothen, grünen oder violetten Pigmentpapiers, so zeigten, entsprechend der geringen Veränderung in dem Farbentone bei so grossen Dimensionen der Farbenfläche, auch die, peripheren Nachbilder im Vergleich zu den centralen einen geringeren Unterschied in der Färbung. Das peripherische Nachbild war hiebei kein contourirtes, sondern trat als farbiger Lichtschein auf.

In der folgenden Tabelle habe ich versucht, die verschiedene Färbung der Nachbilder an entsprechenden Stellen der äusseren Hälfte des horizontalen Netzhautmeridians zu veranschaulichen.

Nachbildung eines **grünen** Quadrats (15 mm.)					Nachbildd. eines **gelb.** Quadrats (15 mm.)				Nachb. eines **rothen** Quadrats (15 mm.)				
0°	10°	15°	25°	50°	0°	10°	15°	25°	50°	0°	10°	15°	25°	50°
Nach Innen	purpurroth	blauroth	blauroth	blau	—	violett	blauviolett	blauviolett	blau	—	blaugrün	hellblaugrün	hellblaugrün	hellblau	—

Nachbildung eines **blauen** Quadrats (15 mm.)					Nachb. eines **violett.** Quadrats (15 mm.)				
Nach Innen.	orangegelb	hellorangegelb	hellorangegelb	gelb	—	grünlichgelb	gelb	gelb	hellgelb	—

Hieraus sehen wir, dass die Nachbilder in Bezug ihres Farbentones complementär gefärbt sind zu der Farbe, in welcher uns die Objecte an den bezüglichen peripherischen Stellen des Sehfeldes erscheinen.

Die Empfindlichkeit der peripheren Netzhauttheile für Licht verschiedener Wellenlänge.

Während mehrere Autoren die Empfindlichkeit der macula lutea, des centralen Theils der Netzhaut, für die einzelnen Spectralfarben einer Prüfung unterworfen haben, ist Raehlmann[1]) der Erste gewesen, der hierin das Verhältniss zwischen Peripherie und Centrum berücksichtigte.

---

1) Cf. Raehlmann. Ueber Schwellenwerthe der verschied. Spectralfarb etc. — A. f. O. 1874. Bd. XX, 1 pg. 244.

Die Methode, die Raehlmann hiebei anwandte, ist im Princip von Lamansky [1]) in Heidelberg zu ähnlichen Zwecken benutzt worden. Da dieser aber nur das Verhalten des centralen Theils der Netzhaut berücksichtigte, so musste die Methode modificirt, ihren speciellen Zwecken angepasst werden. — Diese Methode nun, die bei gehöriger Uebung und Sorgfalt an Genauigkeit nichts zu wünschen übrig lässt [2]), ist im Wesentlichen auch von mir angewandt worden.

An dem gewöhnlichen Bunsen'schen Spectralapparat wurden Vorrichtungen getroffen, die die Messung der Reizschwelle für verschiedenfarbiges Licht ermöglichten. Den wesentlichsten Theil des Ganzen, den eigentlichen photometrischen Apparat bilden zwei Nicol'sche Prismen, von denen das eine vor dem Spalt des Collimatorrohres, das andere vor dem Ocular des astronomischen Fernrohres befestigt ist. Ist der eine Nicol unbeweglich, so wird der andere um seine eigene Axe gedreht. Der Grad der Drehung kann bis zu $^1/_2{}^0$ an einer Scala abgelesen werden. Die eigentliche Lichtquelle bildete die Flamme einer möglichst gleichmässig brennenden Petroleumlampe. Das Licht derselben wurde in eine Richtung, auf den vor dem Collimatorrohre befindlichen Nicol geworfen.

Anmerkung 1. Bei meinen später in ähnlicher Weise angestellten Versuchen, wurde diese Einrichtung insofern geändert, als beide Nicols am astronomischen Fernrohre angebracht wurden.

An dem Fernrohre wurde in 12″ Entfernung vom Auge des Beobachters ein vollständig geschwärzter Perimeter-

---

1) Lamansky. A f. O. Bd. XVII$_1$.

2) cf. Raehlmann. Ueber Schwellenwerthe der verschied. Sp farb. etc. – A. f O. 1874. Bd. XX$_1$. pg. 240–242

bogen angebracht. — Da nur die innere Seite der Netzhaut bei den folgenden Versuchen in Betracht kam, so wurden dementsprechend zwei, nach Ablauf der Adaptationszeit in der Dunkelheit eben sichtbare, phosphorescirende Puncte in einer Entfernung von 30°, beziehungsweise 60° vom Centrum, am Perimeterbogen angebracht.

Dieselben dienten bei den einzelnen Beobachtungen zur Fixation. Durch passend aufgestellte Schirme wurde das Licht der Lampe dem beobachtenden Auge ferngehalten. Dem Eindringen des äusseren Tageslichtes war durch sorgfältiges Verhängen der Fenster und Thüren vorgebeugt. Nur eine schwache Helligkeit an der Decke des Zimmers, die der oberen Oeffnung eines das Licht abblendenden Rohres entsprach, verbreitete einen Lichtschein, vor dessen directer Einwirkung das Auge jedoch bestens geschützt war.

Anmerkung 2. Bei späteren Untersuchungen gelang es mir durch entsprechende Vorrichtungen absolute Dunkelheit zu erzielen.

Die einzelnen zu beobachtenden Spectralfarben konnten durch ein Diaphragma, in dessen Mitte eine 1 Quadratmillimeter grosse Oeffnung sich befand, isolirt betrachtet werden.

Das Diaphragma stand zwischen Ocular und dem vor dem Ocularrohre sich befindenden Nicol. — Die einzelnen Beobachtungen, die erst dann ihren Anfang nahmen, als das Auge vollständig sich adaptirt hatte, also nach einem Aufenthalte im Dunkeln von circa 15—20 Minuten, wurden folgendermassen angestellt. Zuerst wurden einige Bestimmungen für das Centrum gemacht, worauf einige für die Peripherie folgten, oder auch umgekehrt, zuerst für die Peripherie der Netzhaut und dann für das Centrum. Hiebei war die Ausgangsstellung des einen Nicols zum anderen die, wo die beiden Hauptschnitte derselben senkrecht auf

einander standen, wo das Licht also nicht durchgelassen wurde. Vor Beginn jeder Versuchsreihe wurde, nachdem ich die Farbe, die ich zu beobachten wünschte, eingestellt, die Intensität der Leuchtquelle so regulirt, dass bei einer Drehung des Nicols bis etwa 10° vom Null-Punkt eine Empfindung noch nicht zu erzielen war. — Brachte ich hierauf das beobachtende Auge dicht an den feststehenden Nicol heran, so fixirte ich bei Beobachtung peripherischer Netzhauttheile die oben erwähnten matten, eben sichtbaren Puncte.

Der bewegliche Nicol wurde unterdessen so lange gedreht, bis eine unbestimmte Helligkeitsempfindung erfolgte (absolute Schwelle). Hierauf wurde der Nicol zurückgedreht, bis die Lichtempfindung verschwunden war, das Auge wiederum geschlossen, nach einigen Secunden wieder hineingesehen und constatirt, ob eine Spur von Licht noch wahrgenommen werden konnte oder nicht.

Im ersten Falle wurde der Nicol nochmals zurück, im zweiten Falle aber wieder, bis eine Helligkeitsempfindung auftrat, vorwärts gedreht. Hiemit war eine Einzelbeobachtung beendet.

Jedesmal wurde darauf das beobachtende Auge geschlossen und mit dem anderen die Anzahl von Graden abgelesen. Der Werth wurde sofort notirt. Vor Beginn einer zweiten Einzelbeobachtung wurden beide Augen nochmals geschlossen, um Ermüdungserscheinungen ausschliessen zu können.

Dass diese Methode Zeit und Geduld in hohem Grade beansprucht, wird jeder Sachverständige ohne Weiteres zugeben. Die einzelnen Sitzungen dauerten auf diese Weise 2½ bis 3 Stunden, bis Ermüdung sich einstellte.

Wenn es überhaupt bei Beobachtung subjectiver Empfindung auf die Vermeidung der geringsten fühlbaren

Ermüdung ankommt, so hat dieser Satz hier noch doppelte Giltigkeit, wo es sich um Beobachtung und Wahrnehmung minimaler Lichtintensitäten handelt.

Auch musste die drehende Hand langsam und gleichmässig ihre Pflicht erfüllen, da 1—2 Grade mehr oder weniger einen äusserst merklichen Unterschied in den Endresultaten hervorbringen musste. Es war daher mehrwöchentliche Uebung nöthig, um allen Erfordernissen zu genügen.

Bei meinen Untersuchungen kam es mir hauptsächlich darauf an, eine Ab- bez. Zunahme der Empfindlichkeit der Peripherie der Netzhaut zu constatiren:

Ob in der Peripherie die Empfindlichkeit für alle Farben in gleicher Weise ab- bez. zunimmt? Welches Verhältniss besteht hierbei zwischen Centrum und Peripherie der Netzhaut? Geprüft wurde die Empfindlichkeit für Roth (zw. B und C), Grün (zw. b und E), Violett (Ende d. Sp.), Blau (F), Gelb (Natronl.). Für jede Farbe sind in den folgenden Tabellen zuerst 3—4 Beobachtungsreihen angeführt.

Meine Versuche eröffnete ich mit Roth, daher weisen auch die Zahlen in den ersten Reihen bedeutendere Schwankungen auf, als in den folgenden.

Die absoluten Schwellenwerthe:

Für Roth.

Beobachtungsreihe I.

Centrum	30°	60°
12	10	(5)?
11	9	10
9	7	9
9	9	12
12	8	15
10	9	16
11	9	14
12	10	(20)?
10	11	—
10	10	—
—	9	—
—	10	—
—	9	—

Beobachtungsreihe II.

Centrum	30°	60°
11	7	15
12	(3)?	14
14	12	15
12	11	15
16	16	14
14	14	15
11	10	12
13	13	20
11	13	14
15	—	—
—	—	—

Nach mehrwöchentlicher Uebung werden d. Werthe f. **Roth** controllirt.

Beobachtungsreihe III.

Centrum	30°	60°
12	12	16
12	11	15
12	10	16
11	11	15
12	15	13
10	8	15
10	8	12
11	13	10
10	10	—
15	11	—
—	12	—

Beobachtungsreihe IV.

Centrum	30°	60°
10	9	10
10	8	9
9	9	10
9	9	10
10	8	10
10	8	9
9	8	10
10	8	9
10	7	10
9	8	10
10	8	10
9	8	9
9	8	10
9	8	10
10	—	9
9	—	10
9	—	—
10	—	—
10	—	—

Durchschn. aller 4 Beobachtungsreihen 10.55° 8.95" 10.85"

Für Grün.

Beobachtungsreihe I.

Centrum	30°	60°
10	8	10
10	8	9
9	7	9
9	9	8
10	8	8
10	6	7
9	7	10
9	9	9
9	8	10
10	9	10
11	9	9
—	—	9

Beobachtungsreihe II.

Centrum	30°	60°
10	8	10
10	8	8
10	7	10
10	8	9
10	9	9
9	9	8
9	8	10
9	7	9
—	—	9
—	—	—
—	—	—
—	—	—

Beobachtungsreihe III.

Centrum	30°	60°
9	9	10
9	8	9
9	9	9
9	7	10
10	8	9
10	9	9
10	8	8
10	8	10
9	9	10
9	8	10
—	9	10
—	10	—

Durchschnitt der 3 Beobachtungsreihen:

9.67°	8.15°	9.15°

Für Violett.

Beobachtungsreihe I.			Beobachtungsreihe II.		
Centrum	**30°**	**60°**	**Centrum**	**30°**	**60°**
10	—	—	—	—	—
10	8	9	10	9	9
10	9	7	10	8	9
9	8	8	10	9	9
10	7	7	10	9	8
11	9	9	9	7	8
11	10	9	9	8	9
10	10	8	9	7	8
10	9	8	9	7	7
9	9	7	8	8	—
—	8	8	9	8	—
—	8	—	8	7	—
—	—	—	8	—	—

Durchschnitt der 2 Beobachtungsreihen: 10° 8.4° 8.7°

Für Blau.

Beobachtungsreihe I.			Beobachtungsreihe II.		
Centrum	**30°**	**60°**	**Centrum**	**30°**	**60°**
10	9	11	11	9	10
11	10	9	11	10	10
10	8	10	10	9	10
12	9	10	10	9	10
10	9	9	11	9	9
12	8	9	10	8	9
12	10	9	11	9	8
11	10	10	11	8	10
10	10	10	10	9	9
12	9	10	—	9	—
12	10	—	—	—	—
—	9	—	—	—	—
—	11	—	—	—	—

III			IV		
Centrum	30°	60°	Centrum	30°	60°
11	8	9	10	9	9
10	9	9	9	7	9
10	9	9	10	9	8
10	9	10	10	8	9
10	9	10	10	7	8
10	9	10	10	8	9
9	9	9	10	8	8
9	10	9	10	8	10
—	—	10	9	8	9
—	—	8	9	9	10
—	—	9	9	8	8
—	—	—	9	9	9
—	—	—	9	8	10
—	—	—	9	9	8
—	—	—	—	10	—

Durchschnitt der 4 Beobachtungsreihen: 10°; 8°.6; 9°

Für Gelb.

I			II		
Centrum	30°	60°	Centrum	30°	60°
10	9	8	10	8	8
10	9	8	9	7	8
9	8	9	9	8	9
10	8	9	10	8	9
10	7	9	10	7	10
9	8	10	10	8	10
10	8	9	9	—	8
10	7	8	10	—	9
—	7	—	9	—	9
—	—	—	9	—	—

III.

Centrum	30°	60°
10	8	8
10	7	7
9	7	7
10	8	7
9	9	9
8	9	10
9	8	9
9	7	9
9	6	8
9	7	8
10	6	8
9	5	8
10	7	—
9	7	—
8	7	—

Durchschnitt: 9.4° 7.5° 8.54°.

Die hier gewonnenen Durchschnittszahlen sind weiter unten tabellarisch geordnet:

	Centrum	30°	60°
Roth	10° 33′ —	8° 57′	10° 51′ —
Violett	10° — —	8° 24′	8° 42′ —
Grün	9° 34′ 12″	8° 9′	9° 9′ —
Blau	10° — —	8° 6′	9° — —
Gelb	9° 24′ —	7° 30′	8° 32′ 24″

Bezeichne ich mit J die Lichtintensität, die im Centrum der Netzhaut eine Empfindung hervorruft, mit $J_{30}{}^{0}$, $J_{60}{}^{0}$ die zur Erregung der betreffenden peripheren Netzhauttheile erforderliche, durch E, E_{30}, E_{60} die entsprechende Empfindlichkeit dieser Theile, so haben wir zwischen beiden das Verhältniss

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{E_{30}}{E} \text{ etc.}$$

Die Intensitäten J, J_{30}, J_{60} berechnet man bekanntlich nach der Formel $\sin^2 \alpha$ [1]), wo α der notirte Winkelwerth, vom Null-Puncte an gerechnet [2]). Die Berechtigung des letzteren Verfahrens ist von Dobrowolsky [3]) angezweifelt. Schadow [4]) hat schon die Unrichtigkeit von Dobrowolsky's Einwänden nachgewiesen.

Auf diese Weise haben wir

Für Roth:

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 10^0\ 33'}{\sin^2\ 8^0\ 57'} = \frac{1{,}38}{1}$$

Oder, da die Empfindlichkeiten umgekehrt proportional sind den Intensitäten

$$\frac{E_{30}}{E} = \frac{1{,}38}{1}$$

Die Empfindlichkeit der Peripherie 30° nach innen von der forea centralis ist 1.38 mal grösser als die des centralen Theils der Netzhaut. — Ferner:

$$\frac{J}{J_{60^0}} = \frac{\sin^2 10^0\ 33'}{\sin^2 10^0\ 51'} = \frac{1}{1\ 05} \qquad \frac{E}{E_{60}} = \frac{1\ 05}{1}$$

Für Grün.

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 9^0\ 34'\ 12''}{\sin^2 8^0\ 9'\ —''} = \frac{1\ 37}{1} \qquad \frac{E}{E_{30}} = \frac{1}{1{,}37}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 9^0\ 34'\ 12''}{\sin^2 9^0\ 9'\ —''} = \frac{1.09}{1} \qquad \frac{E}{E_{30}} = \frac{1}{1.09}$$

Für Violett.

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 10^0\ —'}{\sin^2\ 8^0\ 24'} = \frac{1.41}{1} \qquad \frac{E}{E_{60}} = \frac{1}{1.41}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 10^0\ —'}{\sin^2\ 8^0\ 42'} = \frac{1.31}{1} \qquad \frac{E}{E_{60}} = \frac{1}{1\ 31}$$

1) Rachlmann in Gräfe's Archiv n. s. w. Bd. XX1. pag. 235.

2) Der Nullpunkt entsprach derjenigen Stellung der beiden Nicols, wo die beiden Hauptschnitte derselben senkrecht auf einander standen.

3) Pflügers Archiv n. s. w. Bd. XII pag. 446.

4) Ebenda Bd. XIX pag. 447.

Für Blau.

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 10^0\ -'}{\sin^2\ 8^0\ 10'} = \frac{1\ 49}{1} \qquad \frac{E}{E_{30}} = \frac{1}{1.49}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 10^0\ -'}{\sin^2\ 9^0\ -'} = \frac{1.23}{1} \qquad \frac{E}{E_{60}} = \frac{1}{1.23}$$

Für Gelb.

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 9^0\ 24'}{\sin^2 7^0\ 30'} = \frac{1.56}{1} \qquad \frac{E}{E_{30}} = \frac{1}{1\ 56}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 9^0\ 24'}{\sin^2 8^0\ 32'\ 24''} = \frac{1\ 21}{1} \qquad \frac{E}{E_{60}} = \frac{1}{1\ 21}$$

Um die Genauigkeit der vorhergehenden Versuche zu prüfen, wurden dieselben wiederholt, indem hiebei die Intensität der Leuchtquelle beliebig verringert wurde. Dabei ergab es sich für

Für Violett.

Centrum	30°	60°
25	16	16
25	15	16
24	16	17
23	18	17
22	—	—
23°	16°	16,7°

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 23^0\ -'}{\sin^2 16^0\ 12'} = \frac{1.9}{1} \qquad \frac{E}{E_{30}} = \frac{1}{1.9}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 23^0\ -'}{\sin^2 16^0\ 42'} = \frac{1.8}{1} \qquad \frac{E}{E_{60}} = \frac{1}{1.8}$$

Für Roth.

Centrum	30°	60°
35	25	36
35	25	38
34	30	37
34	23	39
32	23	35
32	22	34
30	22	—
—	24	—
—	22	—
$33{,}1^0$	24^0	$36{,}5^0$

$$\frac{J}{J_{30^0}} = \frac{\sin^2 33^0\ 6'}{\sin^2 24^0\ —} = \frac{1\ 80}{1\frac{5}{8}}; \qquad \frac{E}{E_{30}} = \frac{1}{1\ 80}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 33^0\ 6'}{\sin^2 36^0\ 30'} = \frac{1}{1.20}; \qquad \frac{E}{E_{60}} = \frac{1.20}{.}$$

Für Grün.

Centrum	30°	60°
10	9	—
10	9	10
10	8	10
10	8	10
10	8	9
11	8	9
9	7	—
9	7	—
9	—	—
9	—	—
$9{,}7^0$	8^0	$9{,}6$

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 9^0\ 42'}{\sin^2 8^0\ —} = \frac{1.43}{1} \qquad \frac{E}{E_{30}} = \frac{1}{1.43}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 9^0\ 42'}{\sin^2 9^0\ 36'} = \frac{1.001}{1} \qquad \frac{E}{E_{60}} = \frac{1}{1.001}$$

Für Gelb.

Centrum	30°	60°
10	—	—
10	8	9
10	8	9
10	7	8
10	7	8
9	8	7
9	7	7
9	7	8
—	—	8
9.62°	7.43°	8°

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 9^0\,37'\,12''}{\sin^2 7^0\,25'\,48''} = \frac{1.71}{1} \qquad \frac{E}{E_{30}} = \frac{1}{1\ 71}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 9^0\,37'\,12''}{\sin^2 8^0\,{-}'\,{-}''} = \frac{1.46}{1} \qquad \frac{E}{E_{60}} = \frac{1}{1\ 46}$$

Nach mehrwöchentlicher Pause ergaben neue Controllversuche

Für Roth.

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{1.68}{1} \qquad \frac{J}{J_{60}} = \frac{1}{1.14}$$

Für Grün.

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{1.9}{1} \qquad \frac{J}{J_{60}} = \frac{1.09}{1}$$

Für Violett.

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{1\ 66}{1} \qquad \frac{J}{J_{60}} = \frac{1.42}{1}$$

Zum Schluss möchte ich noch einige Daten erwähnen, die ich an Dr. K. gewonnen, der die Freundlichkeit hatte, diesen Untersuchungen sich zu unterziehen.

Es fand sich für

Für Roth

Centrum	30°	60°
21	18	19
18	15	19
20	16	14
20	17	17
16	12	17
15	12	12
12	14	10
20	10	—
21	—	—
14	—	—
19	—	—
19	—	—
12	—	—
10	—	—
16.8°	14.25°	15.43°

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 16^0\,48'}{\sin^2 14^0\,15'} = \frac{1.38}{1}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 16^0\,48'\,—''}{\sin^2 15^0\,25'\,48''} = \frac{1.15}{1}$$

Für Grün.

Centrum	30°	60°
22	15	17
25	13	18
20	14	19
20	15	18
19	17	18
19	17	19
20	16	18
21	14	20
19	15	17
20	—	18
18	—	—
20.3	15	18.2

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 20^0\,18'}{\sin^2 15^0\,—'} = \frac{1.78}{1}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 20^0\,18'}{\sin^2 18^0\,12'} = \frac{1.22}{1}$$

Für Violett.

Centrum	30°	60°
28	19	18
25	17	18
26	17	18
26	16	16
25	15	16
25	15	15
26	15	14
25	16	14
28	14	—
22	—	—
20	—	—
26	—	—
25	—	—
25	—	—
25.14	16	16

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 25^0\ 8'\ 24''}{\sin^2 16^0\ —'\ —''} = \frac{2.36}{1}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 25^0\ 8'\ 24''}{\sin^2 16^0\ —'\ —''} = \frac{2.36}{1}$$

Alle die genannten Verhältnisse können folgendermassen übersichtlich zur Anschauung gebracht werden:

		Ego.			Durchschnitt	Dr. K
Roth	$\frac{J}{J_{30}}$	1 38	1 8	1.68	1.62	1.38
		1	1	1	1	1
	$\frac{J}{J_{60}}$	1	1	1	1	1 15
		1 05	1.20	1.14	1.13	1
Grün.	$\frac{J}{J_{30}}$	1.37	1.43	1.9	1.57	1.78
		1	1	1	1	1
	$\frac{J}{J_{60}}$	1 09	1.001	1 09	1 06	1 22
		1	1	1	1	1
Violett.	$\frac{J}{J_{30}}$	1 41	1.9	1.66	1.65	2.36
		1	1	1	1	1
	$\frac{J}{J_{60}}$	1.31	1.8	1.42	1.51	2.36
		1	1	1	1	1

		Ego.			Durchschnitt	Dr. K.
Gelb.	J	1 56	1.71	—	1 63	—
	J_{30}	1	1		1	
	J	1 21	1 46	—	1 33	—
	J_{60}	1	1		1	
Blau.	J	1 49	—	—	1 49	—
	J_{30}	1			1	
	J	1 23	—	—	1 23	—
	J_{60}	1			1	

Mustern wir diese Tabelle, so finden wir, dass die ersten 3 Reihen sehr gut mit einander übereinstimmen; dass sie vollkommen sich decken sollten, ist ja nicht zu erwarten. Dieses wird Jeder einsehen, der solche Versuche einmal angestellt, auch Jeder ohne Weiteres zugeben, wenn er die mannigfachen Zufälligkeiten bedenkt, die auf jede Einzelbeobachtung ihren Einfluss üben können.

Doch kann sicherlich aus dem Vorliegenden der Schluss gezogen werden:

1) Die Empfindlichkeit für Licht **jeder** Wellenlänge nimmt vom Centrum der Netzhaut zur Peripherie bis 30° zu, um dann für die einzelnen Lichtarten mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit abzunehmen.

2) Das Anwachsen der Empfindlichkeit ist für jede Lichtart verschieden, in der äussersten Peripherie ist für Violett dieselbe am meisten gestiegen, für Roth am tiefsten gesunken (cf. Taf. I Fig. 1a u. Fig. 1b).

Bekanntlich ist die schwächste Wirkung einer jeden Farbe ein unbestimmter Helligkeitseindruck. In den vorhergehenden Versuchen galt dieses als Kriterium für die Empfindlichkeit des Auges für Licht beliebiger Wellenlänge (Absolute Reizschwelle).

Chodin[1]) und in neuerer Zeit Charpentier[2]) bestimmten die Empfindlichkeit der Netzhautperipherie für Farben von einem anderen Gesichtspuncte aus. Die Methode Chodins bestand in der Anwendung der Masson'schen Drehscheiben, womit man bestimmt, welches der kleinste Sector auf schwarzem oder weissem Grunde ist, welcher noch eine Farbenempfindung hervorruft. Er fand, dass die Empfindlichkeit für Farben auf der Peripherie vom Centrum abnimmt. Diese Abnahme ist nicht gleich auf beiden Hälften der Retina und für verschiedene Farben. — Auf der äusseren Hälfte der Netzhaut (im inneren Theil des Sehfeldes) erfolgt die Abnahme der Empfindlichkeit viel schneller, als auf der inneren Hälfte.

Was die Abnahme der Empfindlichkeit für die einzelnen Farben in der Netzhautperipherie anbetrifft, so constatirt Chodin Folgendes:

Auf der äussersten Peripherie (90°) ist die Empfindlichkeit für Weiss am grössten; nächst dem kommt die für Blau, nachher die für Gelb, dann die für Orange, weiter die für Violett und Roth und am geringsten ist die für Grün. Ein wenig näher zum Centrum (bis 75° nach aussen) erscheint die Empfindlichkeit am grössten für Gelb, dann kommt die für Weiss und Blau, am geringsten ist die für Roth. Noch weiter nach dem Centrum bis in seine nähere Umgebung (15°) bleibt die Empfindlichkeit am grössten für Gelb, am geringsten für Roth. Um die macula lutea herum findet sich die grösste Empfindlichkeit für Orange und Gelb, die geringste für Roth und an der Stelle des deutlichen Sehens die grösste für

---

1) Chodin. A. f. O. Bd. XXIII 3. pag. 181.

2) Charpentier. Arch. d'ophtalmologie t. I. Nov. Dec. 1880. pag. 48.

Orange, dann die für Gelb, Grün, Weiss, nachher die für Roth und die geringste für Blau und Violett.

Charpentier, welchem die Arbeit Raehlmann's entgangen zu sein scheint, bestimmte sowohl die absoluten, als auch die specifischen Schwellenwerthe für monochromatisches Licht, für Centrum und Peripherie der Netzhaut. Er bestimmte also diejenige Intensität, die eine farblose und diejenige, die eine farbige Lichtempfindung zur Folge hatte. Er äussert sich hierüber folgendermassen:

«Ce sont là deux sensations distinctes, l'une précédant l'autre; la première, simple primitive, essentielle, constante, la seconde, plus complexe, plus variable, et comme dependant d'une fonction de perfectionnement.

L'intervalle entre la sensation lumineuse et la sensation chromatique est peu marqué et difficile à déceler autrement, qu'avec un appareil très sensible, quand on interroge le centre de la retine, c'est-à-dire le point de fixation; mais si l'on opère sur un point excentrique le phénomène devient d'une netteté frappante, et plus on s'éloigne du centre de la rétine, plus est grand l'intervalle, qui sépare la sensation primitive, de la sensatien de couleur:

A la péripherie même cette derniere est difficile à faire naitre, et exige une lumière de grande intensité. Pour une couleur déterminée la quantité nécessaire pour provoquer la sensation primitive est la même sur toute l'étendue de la retine, bien distincte en cela, comme on le voit, de celle qu'exige la sensibilité chromatique.

Charpentier ist bei seinem Versuchen anders zu Werke gegangen, als ich. Die Empfindlichkeit der Netzhaut wurde bei ihm nicht durch diejenige Intensität veranschaulicht, die eine eben merkliche Empfindung [1]) auslöste,

1) Absolute Reizschwelle.

sondern durch eine Intensität, die eine Farbenempfindung zur Folge hatte[1]). Wenn daher die Resultate Charpentiers mit den meinigen verglichen werden sollen, so hat man diesen Umstand wohl zu berücksichtigen. Charpentier's Bezeichnung „primitive Empfindung" (sensation primitive) ist mit der meinigen „Wahrnehmung minimaler Lichtintensitäten" identisch. Nach Charpentier wird diese „primitive Empfindung" beim farbigen Lichte in allen Theilen der Netzhaut durch gleiche Intensitäten bewirkt. — Es wäre somit die Empfindlichkeit der Peripherie der Netzhaut der des Centrums gleich. Nun giebt Charpentier über die Art und Weise, wie die peripherischen Netzhauttheile auf ihr Verhalten zur „primitiven Empfindung" geprüft wurden, leider nichts Wesentliches an. Namentlich erscheint es mir von Wichtigkeit, zu wissen, ob bei Untersuchung peripherer Netzhautparthien eine Erregung des Netzhautcentrums[2]) vermieden wurde oder nicht.

Im Anschlusse hieran will ich noch einige Versuche erwähnen, die ich anstellte, um

Die Lichtempfindlichkeit der Peripherie der Netzhaut

zu prüfen.

Bekanntlich hat Schadow[3]) die jüngste Arbeit auf diesem Gebiete geliefert, deren Resultate allgemeines Interesse erregen mussten. Die Ansichten, die man vielleicht anfangs über die Empfindlichkeit der Netzhaut hegen durfte, sind durch dieselben wesentlich geändert worden. — Mit einiger Wahrscheinlichkeit liess sich ja, den anatomischen und

---

1) Specifische Reizschwelle cf. Kries.

2) cf. pg. 99.

3) Schadow. Pflügers Archiv u. s. w. Bd. XIX. pg. 439.

physicalischen Verhältnissen des Sehapparates im Allgemeinen und der Netzhaut im Besonderen entsprechend, eine stetige Abnahme der Empfindlichkeit von der macula lutea aus vermuthen. — Es hatten vor Schadow, Dobrowolsky-Gaine und Charpentier der Bearbeitung dieses Gegenstandes sich unterworfen. – Erstere fanden auch wirklich eine Abnahme der Lichtempfindlichkeit bei 5" auf $^1/_2$, bei 20" auf $^1/_5$, bei 35" auf $^1/_9$ etc. etc. — Letzterer, der mit Landolt zusammen arbeitete fand bis 70" nach innen, 45" nach aussen dieselbe Empfindlichkeit wie im Centrum, 2–3" entfernt von der fovea centralis sogar eine höhere. Die Methoden in beiden Fällen waren nicht präcise genug. Schadow hat auf die Mängel schon aufmerksam gemacht. — Die von ihm angewandte Methode ist dieselbe, die Raehlmann und ich zur Bestimmung der Farbenempfindlichkeit der Netzhautperipherie gebrauchten. Sie gestattet bekanntlich die Messung der Lichtquantität, welche genügt um eine Empfindung hervorzurufen.

Unter Anwendung derselben Vorsichtsmassregeln und überhaupt auf ganz dieselbe Weise, wie bei den vorhergehenden Untersuchungen wurden ähnliche Versuche über die Lichtempfindlichkeit der Peripherie auch von mir angestellt.

Meine Versuche bestätigen Schadows Behauptung, die Peripherie der Netzhaut bis 30° sei empfindlicher als das Centrum, ja sie gestatten uns noch weiter zu gehen und zu behaupten, auch die äusserste Peripherie sei empfindlicher, denn:

$$\frac{J}{J_{30}} = \frac{\sin^2 10^0 - -}{\sin^2 7^0\ 42'\ 24''} = \frac{1\ 96}{1}$$

$$\frac{J}{J_{60}} = \frac{\sin^2 10^0 - -}{\sin^2 10^0\ 30'\ 30''} = \frac{1}{1\ 106}$$

Wir sehen also, dass:

1) ein 30° nach innen gelegener Punct durch eine geringere Lichtintensität erregt wird als das Centrum,

2) ein 60° nach innen gelegener Punct durch eine nahezu gleiche Lichtintensität erregt, wird wie das Centrum. (Nach Sch. durch eine grössere.)

Ferner hat Schadow[1]) gezeigt, dass die Empfindlichkeit der Peripherie bedeutend herabgesetzt wird, wenn das Centrum von einem schwachen Lichteindruck afficirt wird. Bei allen meinen Versuchen habe ich Letzteres insofern berücksichtigt, als ich jede Erregung des Centrums in obigem Sinne ängstlich vermied, sowohl bei diesen Untersuchungen, als auch bei den über die Farbenempfindlichkeit der Netzhautperipherie. Die schwach phosphorescirenden, in der Dunkelheit eben sichtbaren Puncte wurden immer indirect fixirt.

Raehlmann hat bei seinen Versuchen (cf. A. f. O. 1874, XX, pg. 251) auch gefunden, dass in der Peripherie der Netzhaut durchaus andere Empfindlichkeitsverhältnisse bestehen als im Centrum, hat aber eine höhere Empfindlichkeit nur für Violett constatiren können.

Die specifischen Schwellenwerthe im Vergleich zu den absoluten.

An demselben oben schon ausführlich beschriebenen Apparate, in derselben Weise wie die absolute Reizschwelle, wurde von mir auch die specifische für die einzelnen Lichtarten bestimmt.

---

1) Schadow. Pflüger's Archiv u. s. w., Bd. XIX, pg. 446.

Im Diaphragma wurde ein 0.5 mm breiter und 2 mm hoher verticaler Spalt angebracht, so dass ein schmaler farbiger Lichtstreif isolirt wurde.

Die Zahl der Einzelbeobachtungen erreicht lange nicht die Anzahl der Bestimmungen, wie sie von mir für das Feststellen der absoluten Schwellenwerthe gemacht wurden, doch wird jeder Sachverständige, der die Schwierigkeiten dieser Untersuchungen kennt, kaum solches mir zum Vorwurfe gereichen lassen. Denn die an und für sich schwierige Aufgabe, den ersten Lichteindruck bei Anwachsen der Intensität zu markiren, ist leicht gegenüber der Aufgabe, die Grenze genau zu bestimmen, wo der Eindruck eine qualitative Seite, eine Färbung erhält. Sie beansprucht mehr Uebung, mehr Aufmerksamkeit, grösseren Zeitaufwand.

Untersucht wurden von mir die Farben: Roth, Gelb, Grün, Blau und Violett.

Dass die specifischen und absoluten Reizschwellen keineswegs zu identificiren sind, wird jedem, der mit solchen Versuchen sich vertraut gemacht, von vornherein einleuchten.

Für jede Farbe sind sechs Beobachtungsreihen angeführt, drei für die absolute und drei für die specifische Reizschwelle. Die unten angeführten Zahlen sind Durchschnittswerthe mehrerer Einzelbeobachtungen.

Für Roth.

I.

	Centrum	30°	60°
Absolute Reizschwelle	1.5°	1.33°	1.62°
Specifische Reizschwelle	3.87°	20°	26.8°

II.

Absolute Reizschwelle	5.75°	5°	5.76°
Specifische Reizschwelle	16.66°	31.5°	77.5°

III.

	Centrum	30°	60°
Absolute Reizschwelle	(3°)	—	—
Specifische Reizschwelle	8.9°	18.5°	25°

Durchschnittlich also:

	Centrum	30°	60°
Absolute Reizschw.	3° 37′ 12″	3° 9′ 36″	3° 42′ 24″
Specifische Reizschw.	9° 48′ 36″	23° 19′ 48″	43° 6′ —″

Für Grün.

I.

	Centrum	30°	60°
Absolute Reizschwelle	2.25°	1.75°	2°
Specifische Reizschwelle	11.42°	12.28°	—

II.

Absolute Reizschwelle	2.4°	1.5°	2°
Specifische Reizschwelle	10.0°	30.8°	—

III.

Absolute Reizschwelle	3°	1.83°	1.75°
Specifische Reizschwelle	14.2°	31.14°	—

Durchschnittlich:

	Centrum	30°	60°
Absolute Reizschw.	2° 33′ —″	1° 42′	1° 54′ 36″
Specifische Reizschw.	11° 10′ 48″	22° 12′	—

Für Gelb.

I.

	Centrum	30°	60°
Absolute Reizschwelle	(6°)	—	—
Specifische Reizschwelle	22.75°	29.66°	45.5°

II.

Absolute Reizschwelle	1°	1° (?)	1°
Specifische Reizschwelle	6.62°	9°	21.83°

III.

	Centrum	30°	60°
Absolute Reizschwelle	8.5°	7°	7°
Specifische Reizschwelle	32.8°	45°	—

Durchschnittlich:

	Centrum	30°	60°
Absolute Reizschw.	4° 22′ 12″	4°	4°
Specifische Reizschw	20° 43′ 12″	27° 52′ 48″	33° 36′

Es muss durchaus hervorgehoben werden, dass unter den gegebenen Verhältnissen, das centrale Roth nur bei 30° einen röthlichen, bei 60° aber einen gelblichen Eindruck hervorbrachte.

Das Grün war bei 30° Abstand von der fovea centralis gelb, bei 60° bei jeder Intensität farblos.

Das Gelb erschien äusserst hell. — Violett und Blau farblos; Letztere bedurften (ihrer geringeren Helligkeit wegen) schon bei centraler Betrachtung einer höheren Intensität, um farbig zu erscheinen. — Da es galt, einen Vergleich zwischen den Werthen der absoluten und der specifischen Schwelle anzustellen, so konnte die Intensität der Leuchtquelle nicht über einen gewissen Grad hinaus gesteigert werden. (Hätte man beispielsweise die Intensität der Leuchtquelle so gesteigert, dass bei Drehung des Nicol's von der Ausgangsstellung um $^1/_{100}$° eine unbestimmte Helligkeitsempfindung schon erfolgt wäre, so wäre unter den gegebenen Verhältnissen ein Vergleich zwischen den absoluten Schwellenwerthen des Netzhautcentrums und der Peripherie nicht möglich.)

Wenn wir einen Vergleich anstellen zwischen denjenigen Lichtintensitäten, die im Centrum eine Farbenempfindung auslösen, und denjenigen, die in der Peripherie der Netzhaut es thun, und dieselben beispielsweise durch

S, S_{30}, S_{60^0} bezeichnen, so haben wir folgende Daten, die das Verhältniss der specifischen Reizschwellen im Centrum und in der Netzhautperipherie ausdrücken.

a. **Für Roth.**

$$\frac{S}{S_{30}} = \frac{\sin^2 9^0\ 48'\ 36''}{\sin^2 23^0\ 19'\ 48''} = \frac{1}{5.40}$$

$$\frac{S}{S_{60}} = \frac{\sin^2 9^0\ 48'\ 36''}{\sin^2 43^0\ 6'\ —} = \frac{1}{16.08}$$

b. **Für Grün.**

$$\frac{S}{S_{30}} = \frac{\sin^2 11^0\ 10'\ 48''}{\sin^2 22^0\ 12'\ —} = \frac{1}{3.8}$$

c. **Für Gelb.**

$$\frac{S}{S_{30}} = \frac{\sin^2 20.72^0}{\sin^2 27.88^0} = \frac{1}{1.7}$$

$$\frac{S}{S_{60}} = \frac{\sin^2 20.72^0}{\sin^2 33.60^0} = \frac{1}{2.4}$$

Wenn wir nun diejenigen Intensitäten, die im Centrum und in der Peripherie eine Farbenempfindung zur Folge haben, mit denjenigen Intensitäten vergleichen, die nur eine Helligkeitsempfindung auslösen, und Letztere als Einheiten nehmen, so haben wir Folgendes:

	Roth		Grün		Gelb	
	A. Sw.	Sp. Sw.	A. Sw.	Sp. Sw.	A. Sw.	Sp. Sw.
Centrum	1	6,9	1	19,6	1	21,5
30°	1	51,6	1	162,2	1	44,8
60°	1	112	—	—	1	62,8

A. Sw. = Absolute Reizschwelle.
Sp. Sw. = Specifische Reizschwelle.

Die Resultate können wir in folgende Sätze kurz zusammenfassen:

1) Dass die absolute Schwellenempfindlichkeit für Licht verschiedener Wellenlänge höher ist in der Peripherie als im Centrum der Netzhaut.

2) Dass es durchaus nicht gleichgültig ist, ob die Empfindlichkeit der Netzhaut für Licht beliebiger Wellenlänge durch den specifischen oder absoluten Schwellenwerth bestimmt werde.

3) Dass es einer höheren Lichtquantität bedarf, um im Allgemeinen eine Farbenempfindung zu erzielen.

4) Dass es hiezu in den excentrischen Theilen der Netzhaut einer weitaus grösseren Intensität bedarf als im Centrum.

5) Dass es eine gewisse mittlere Lichtintensität giebt, wo die Farbe in der Peripherie am deutlichsten hervortritt.

6) Dass die specifische Schwellenempfindlichkeit für Roth im Centrum höher ist, als die für Gelb und Grün, dass sie, bei einer Entfernung von 30° von der fovea centralis, höher ist als die für Grün; und dass in der äussersten Peripherie die Empfindlichkeit für Gelb am grössten ist.

7) Dass die specifische Schwellenempfindlichkeit für Farben im Centrum höher ist als in der Peripherie der Netzhaut.

Welche Schwellenwerthe sollen als Maass für die periphere Farbenempfindlichkeit der centralen gegenüber gelten?

Charpentier[1]) und Kries[2]) haben diese Frage dahin beantwortet, dass sie einen Vergleich der specifischen Schwellenwerthe des Centrums und der Peripherie der Netzhaut verlangen.

Dagegen lässt sich nun a priori nichts einwenden. — Es ist höchst bestechend, die Empfindlichkeit der macula lutea und der Netzhautperipherie für Farben durch diejenige Lichtintensität zu veranschaulichen, die eine Farbenempfindung hervorruft, also einen auf psychologischen Schluss beruhenden qualitativen Eindruck.

Bestimmt man die specifische Reizschwelle einer bestimmten Farbe für das Centrum der Netzhaut allein, um einen Vergleich mit dem absoluten Schwellenwerth derselben Farbe zu machen, so wird kaum Jemand dagegen etwas einzuwenden haben. Bestimmt man aber den specifischen Schwellenwerth irgend einer beliebigen Farbe im Centrum, um einen Vergleich anzustellen mit dem specifischen Schwellenwerth derselben Farbe an irgend einer anderen Stelle der Netzhautperipherie, so hat dieses manches Missliche. Vor allen Dingen wissen wir, dass die periphere Farbenempfindung (bei constanter Grösse des Untersuchten Farbenfeldes) in keinem Falle der centralen gleichkommt, dass Roth z. B. in einem gewissen Abstande von der macula lutea gelb empfunden wird, und die Steigerung der Intensität hierin nur in gewissem Grade

1) Charpentier. La Perception des couleurs etc. Archives d'ophtalmologie t. I. pag 54. 1881

2) Kries. Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse. Lpzg. 1882. pag. 97.

etwas ändert. Wir haben also die Empfindung Gelb und behaupten, die Peripherie sei dem Centrum gegenüber für Roth um so und so viel empfindlicher, resp. unempfindlicher. Wir vergleichen also zwei ganz verschiedene Empfindungen. Bei Bestimmung der absoluten Schwellenwerthe aber handelt es sich im Centrum wie in der Peripherie der Netzhaut um dieselbe Helligkeitsempfindung.

In beiden Fällen (bei Bestimmung der absoluten wie der specifischen Schwellenwerthe) haben wir es mit derselben Lichtqualität zu thun. Es ist bekannt, dass bei Steigerung der Intensität der qualitative Eindruck verloren geht, und doch wird es Niemandem einfallen das einwirkende farbige Licht zu leugnen. — Bei Bestimmung der absoluten Reizschwelle messen wir nun die schwächste Wirkung einer bestimmten Farbe des Spectrums auf die Netzhaut, messen das, was ich unter Empfindlichkeit des Auges für Licht bestimmter Wellenlänge verstanden haben möchte, um den Ausdruck Farbe, der für einige Autoren anstössig gewesen, von anderen missverstanden worden ist, ganz zu vermeiden.

In meinen[1]) vorläufigen Mittheilungen (cf. Kries[2]) sage ich in einer Note:

Untersucht man bei einer Intensität, die eine deutlich nüancirte Farbenempfindung hervorruft, oder bei minimaler Intensität, die eine eben merkliche Empfindung zur Folge hat, so haben wir es, abgesehen davon, dass die erstere Untersuchungsmethode von der Subjectivität des Experimentators mehr abhängig und daher eine unzuverlässigere sein muss, in beiden Fällen mit derselben Lichtqualität zu thun. Die Empfindlichkeit des Auges aber ist umgekehrt proportional derjenigen Intensität, welche die eben merkliche Empfindung auslöst.

Hiemit habe ich keineswegs aussprechen wollen, die absolute und specifische Reizschwelle sei dasselbe und es

1. Du Bois-Reymond. Arch. f. Anat. etc. 1881. pg. 437.
2. Kries. Die Gesichtsempfindungen etc. 1882. pg. 178.

sei gleichgiltig, welche man bestimmt, sondern nur dafür plaidiren, die Empfindlichkeit des Auges gegen Licht beliebiger Wellenlänge durch die absolute Reizschwelle zu charakterisiren.

Wird doch die Empfindlichkeit des Auges für weisses Licht auch auf diese Weise bestimmt.

Rücksichtlich der Verschiedenheit der Schwellen herrschte kein Zweifel. Dieselbe konnte mir demnach weder unbegründet noch unverständlich scheinen. Unbegründet und unverständlich schien und scheint mir aber die Annahme, in beiden genannten Fällen (bei Bestimmung der absoluten wie der specifischen Reizschwelle) wirke nicht derselbe Factor, d. h. die Annahme, in beiden Fällen habe man es nicht mit derselben Lichtqualität zu thun.

Ueber Ermüdung der Netzhaut.

Es ist eine altbekannte Thatsache, dass die Netzhaut, dem längeren Einflusse des Lichtes ausgesetzt, für nachfolgende Lichtreize weniger empfindlich wird — ermüdet. Es wird hiebei angenommen [1]), dass der jeweilige Ermüdungszustand der Componente so wirke, als ob jedes beliebige auffallende Licht in einem bestimmten Verhältnisse geschwächt, auf einen bestimmten Bruchtheil reducirt werde. Eine gewisse Netzhautstelle vom Lichte 100 getroffen, liefere einen Erregungsvorgang, wie ihn die unermüdete Netzhaut bei der Beleuchtung 70 gewährt etc. Mit anderen Worten, es wird angenommen, dass die Ermüdung als eine gleichmässige Abschwächung jedes beliebigen objectiven Lichts sich geltend mache. Die betreffenden Erregungsvorgänge sind jedenfalls abgeschwächt.

Die höhere Empfindlichkeit der Retina z. B. in den frühen Morgenstunden, wo das Auge die Nacht über geruht hat, einer späteren Tageszeit gegenüber ist von den Autoren

1) cf. Helmholtz. Physiologische Optik.

mehrfach betont worden. Aeusseres Licht von constanter Stärke, welches längere Zeit hindurch auf die Netzhaut einwirkt, bringt also eine immer schwächer und schwächer werdende Erregung derselben hervor.

Es wird bei Einwirkung des Tageslichtes die Netzhaut in toto afficirt. Richtet man aber das Auge längere oder kürzere Zeit auf einen hellen Gegenstand, so entsteht eine Erscheinung, die wir als Nachbild des betreffenden Objects bezeichnen. Auch diese Erscheinung ist auf eine Ermüdung der specifischen Netzhautelemente zurückzuführen. Soll das Phänomen der Nachbilder hiedurch auf natürliche und ungezwungene Weise erklärt werden, so sind wir bekanntlich gezwungen, auf die Componententheorien von Young, Helmholtz, Hering zurückzukommen. Wir wissen, dass in der Präcision, mit welcher dieselben eine Erklärung der Thatsachen ermöglichen, gerade ihre Stütze liegt.

Die Grundprincipien sind hiebei:

1) Ein beliebiges Licht ermüdet die verschiedenen Componenten ungleich.

2) Die am stärksten erregte Componente ermüdet auch am meisten.

Was nun das eigentliche Wesen der Ermüdung, resp. Erholung anbetrifft, so kann nach Kries[1]) aus dem zeitlichen Verlauf der Ermüdungserscheinungen kein Schluss gezogen werden.

Es liegt aber nahe, gewisse chemische Processe anzunehmen, Zersetzung und Verbrauch des gewissermassen aufgespeicherten Sehmaterials. Diese Annahme hat durch die Boll'sche Entdeckung des Sehpurpurs, eines gegen Licht empfindlichen Farbstoffs, Vieles für sich, wenn auch

1) Kries. Die Gesichtsempfindungen. 1882, Leipzig.

der Mangel dieses Stoffes in der Macula lutea uns zwingt, gewisse farblose Sehstoffe anzunehmen.

Bei der ruhenden Netzhaut wird nun der vorangegangene Verlust durch die Ernährung mehr oder weniger schnell wieder ersetzt. Die Producte der chemischen Processe werden weggeführt.

Diese photochemischen Processe sind aber jedenfalls nur ein Theil des physiologischen Vorganges beim Sehacte.

Kommen wir speciell zu den experimentellen Arbeiten auf diesem Gebiete. Die Thatsache, dass die ermüdete Netzhaut für Reize weniger empfindlich ist als die intacte, ist leicht an folgendem Kunstgriff zu demonstriren [1]).

Ein weisses Papierstück auf möglichst dunklem Grunde wird 10 bis 20 Secunden lang ununterbrochen fixirt; wird nun ein Blatt weissen Papieres über das Object hinweg vorgeschoben, so erscheint dem Beobachter die Stelle desselben, die dem vorhergesehenen hellen Papierstück entspricht, bedeutend dunkler als die Umgebung. Exacte Versuche sind von Exner [2]) gemacht worden. Er führt folgendes numerische Beispiel an:

Intensität der Erregung.	Nach Wirkungsdauer der Strahlung von
$^9/_{10}$	0.359″
$^8/_{10}$	0.486″
$^7/_{10}$	0.659″

Müller [3]) betrachtete ein weisses Papierstück auf schwarzem Grunde und verglich nach einiger Zeit die Helligkeit desselben mit einem grauen Stück Papier, dessen

---

1) Fick. Handbuch der Physiologie von Hermann. III. Physiol. der Sinnesorgane. Th. I. Leipzig 1879.

2) Fick ebenda.

3) Fick ebenda.

Helligkeit photometrisch genau gemessen war. Er fand, dass durch die Ermüdung die Erregung anfangs am schnellsten und dann immer langsamer abnimmt.

Es sind hier speciell die Erscheinungen der Ermüdung berücksichtigt worden. Der Ermüdung folgt nun beim Ruhezustande der Netzhaut die Erholung. Bei den weiter unten zu erwähnenden Versuchen ist letztere von mir hauptsächlich in Betracht gezogen.

Zunahme der Empfindlichkeit der Netzhautperipherie beim Aufenthalte im Dunkeln.

Tritt man aus dem Hellen plötzlich in ein dunkles Zimmer, so wird man anfangs Nichts in demselben unterscheiden können.

Dieser Zustand ist aber nicht von langer Dauer. In verhältnissmässig kurzer Zeit wird man sich ganz bequem darin orientiren können. (Absolute Dunkelheit natürlich ausgeschlossen.) Die Netzhaut ist in diesem Zeitraume augenscheinlich empfindlicher geworden, indem jetzt schwache Lichtreize ihre Wirkung auf dieselbe nicht verfehlen. Diese Zunahme der Empfindlichkeit einer genaueren Prüfung zu unterwerfen, war die Aufgabe, der ich mich unterzog.

Um genaue Messungen in dieser Frage anstellen zu können, ist eine Lichtquelle nöthig, deren Intensität nach Belieben verringert werden kann. Zugleich muss der Zeitabschnitt angegeben werden, innerhalb welchem die Veränderung der Intensität vorgenommen wird. Allen diesen Anforderungen entspricht der zu den vorher besprochenen Untersuchungen verwandte Apparat. Derselbe ermöglicht eine genaue Messung der Zunahme der Empfindlichkeit der

Netzhaut für jede Lichtart. Es wurde an der Aufstellung desselben nichts geändert. Die Versuche selbst wurden folgendermassen angestellt: Nachdem ich ungefähr eine Viertelstunde im Dunkeln mich aufgehalten und dabei die Leuchtquelle jedesmal so regulirt hatte, dass bei einer Drehung des Nicols um circa 8—10° vom Opuncte eine Lichtempfindung eben auftrat, begab ich mich ins helle Tageslicht zurück, um nach einer halben Stunde wieder ins dunkle Zimmer einzutreten. Nach einer halben Minute ungefähr nahmen die Beobachtungen ihren Anfang. Die Lichtquelle wurde entweder direct oder indirect fixirt, je nachdem das Centrum der Netzhaut oder die Peripherie in Betracht kamen. Die zwischen zwei Einzelbeobachtungen verlaufende Zeit wurde nach einer Uhr bestimmt, die hinter einem Schirm sich befand und deren Zifferblatt von einer Lampe beleuchtet wurde. Hatte ich im Laufe der ersten Minute durch Drehung des einen Nicols eine Lichtempfindung erzielt, so schloss ich das beobachtende Auge (in meinem Fall das rechte), während ich mit dem anderen die der Drehung entsprechende Anzahl der Grade ablas. In gewissen Intervallen, die bestimmten Zeitabschnitten entsprachen, wurden die Beobachtungen wieder aufgenommen, worauf der Zunahme der Netzhautempfindlichkeit gemäss der Nicol jedesmal um so und so viel zurückgedreht werden musste.

Selbstverständig konnten für Peripherie und Centrum zu gleicher Zeit, d. h. in derselben Sitzung die Bestimmungen nicht gemacht werden. Nach Verlauf von 20 Minuten ungefähr verliess ich wieder das Zimmer, um an das Tageslicht mich zu begeben und später dieselben Versuche in derselben Weise nochmals zu wiederholen.

Dass nicht jede Beobachtung mir gelang und auch nicht gelingen konnte, ist leicht zu verstehen. Wurde man

doch oft durch Nachbilder etc. um einen präcisen Versuch gebracht. Nur der Umstand, dass ich durch vorhergehende Experimente eine gewisse Uebung mir angeeignet, ermöglichen mich, für jede Lichtart sechs Beobachtungsreihen anzuführen, deren Daten einigermassen verwerthbar erscheinen.

Untersucht wurden von mir die Farben Roth, Grün, Violett.

	Centrum			Peripherie			
Minut.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	30°
1	45	85	85	45	80	86	Roth
3	24	42	40	20	36	33	
5	10	17	19	10	16	15	
7	9	14	16	9	12	12	
10	8	14	16	8	12	12	
15	7	12	14	7	10	10	
20	6	10	12	6	9	10	
1	50	40	60	50	50	60	Grün
3	18	21	21	15	20	20	
5	8	9	12	8	8	10	
7	8	8	11	7	7	9	
10	7	8	8	5	6	9	
15	6	7	7	4	5	8	
20	6	7	7	4	5	7	
1	60	50	80	45	55	70	Violett
3	20	18	26	24	32	40	
5	10	11	14	12	14	16	
7	10	10	13	10	10	11	
10	9	9	11	7	7	9	
15	7	7	10	6	6	8	
20	6	6	9	5	6	8	

Bezeichnen wir jedesmal diejenige Intensität, die in der ersten Minute eine Empfindung hervorruft durch J_1, durch J_5 und J_{20}, die nach 5 resp. 20 Minuten erforderliche, so können wir mathematisch das Verhältniss zwischen denselben folgendermassen ausdrücken:

Für Roth.

$$\frac{J_1}{J_5} = \frac{\sin^2 71^\circ\ -'}{\sin^2 15^\circ\ 18'} = \frac{12.84}{1}$$

$$\frac{J_1}{J_{20}} = \frac{\sin^2 71^\circ\ -'}{\sin^2\ 9^\circ\ 20'} = \frac{35}{1}$$

Für Grün.

$$\frac{J_1}{J_5} = \frac{\sin^2 50^\circ\ -'}{\sin^2\ 9^\circ\ 18'} = \frac{22}{1}$$

$$\frac{J_1}{J_{20}} = \frac{\sin^2 50^\circ\ -'}{\sin^2\ 6^\circ\ 42'} = \frac{43}{1}$$

Für Violett.

$$\frac{J_1}{J_0} = \frac{\sin^2 63^\circ\ -'}{\sin^2 11^\circ\ 20'} = \frac{20}{1}$$

$$\frac{J_1}{J_{20}} = \frac{\sin^2 63^\circ\ -'}{\sin^2\ 7^\circ\ -'} = \frac{53\ 45}{1}$$

Die Schlüsse, die wir hieraus ziehen können; sind folgende:

1) Die Empfindlichkeit der Netzhaut nimmt im Dunkeln für alle Farben zu.

2) Diese Empfindlichkeit nimmt in den ersten 5 Minuten ungemein rasch zu. Sie ist in den ersten 5 Minuten ca. 20, nach Ablauf der Adaptationszeit ca. 40 mal so gross wie am Anfang der Beobachtung.

Es ist also im Anfang der Beobachtungszeit eine gewisse Menge Licht nöthig, um gewissermassen den Torpor der Netzhaut zu überwinden. Meinen Versuchen nach ist solches nicht nur bei Einwirkung weisser, farbloser, sondern auch farbiger Strahlen der Fall.

Auch Charpentier[1]) hat die Empfindlichkeit der Netzhaut vor und nach Ablauf der Adaptationszeit geprüft. Er äussert sich darüber folgendermassen: „On voit que la sensation de lumière primitive se produit après le repos avec une quantitè de lumière 10,20 et jusque à 30 fois plus faible q'u áuparavant, tandis que la sensation chromatique exige toujours la même quantité de lumière.

Charpentier hat also, meiner Ansicht nach, bei seinen Experimenten mit farbigem Licht einen Einfluss „du repos" auf die sogenannte primitive Empfindung in meinem Sinne nicht constatiren können. Beim farbigen Licht ist es vor und nach Ablauf der Adaptationszeit dieselbe Lichtintensität, die eine eben merkliche Empfindung auslöst.

Es wäre mir sonst unverständlich, wie vor und nach Ablauf der Adaptationszeit dieselbe Lichtquantität genüge, um eine Farbenempfindung auszulösen.

Die Adaptation der Netzhaut für Farben nach Blendungen durch Licht beliebiger Wellenlänge.

Erst Max Peschel[2]), für dessen Untersuchungen der Ausgangspunct die Frage war, ob der Sehpurpur für die Farbenempfindung von hervorragender Bedeutung sei, fasste diesen Modus der Adaptation der Netzhaut näher in's Auge.

---

1) Charpentier Archives d'Ophtalmologie t. 1. pg. 54.

2) Peschel. Die Adaptation der Netzhaut etc. Pflüger etc. Bd. XXI 1880. pg. 405.

In seinen Versuchen bestimmt er die Adaptation der Netzhaut für Farben nach Blendung mit verschiedenfarbigem Lichte. — Die Zeit, in welcher die Regeneration der Empfindung bis zu den einzelnen zu beobachtenden Graden vorschreitet, wurde ausser Acht gelassen, und als Aufgabe die für alle Lichtsorten in je gleichzeitigen Regenerationsepochen vorzunehmende vergleichende quantitative Feststellung ihrer Einwirkung näher in's Auge gefasst. — Als Kriterium der einzelnen Phasen der Regeneration der Empfindung galt die Feststellung der absoluten Reizschwelle. Er verglich hiebei immer je zwei Farben und bestimmte das Verhältniss ihrer Wahrnehmbarkeit in einem bestimmten Stadium der Regeneration. — Auf die Resultate seiner Arbeit werde ich später zurückkommen [1]).

Um nun eventuell einen Aufschluss über die Ermüdungs-, resp. Erholungserscheinungen zu erzielen, wurden die unten zu erwähnenden Versuche von mir angestellt.

Auch von mir wurde die Netzhaut durch verschiedenfarbiges Licht geblendet resp. ermüdet.

Die Zunahme der Empfindlichkeit der Netzhaut für folgende Reize in den verschiedenen Regenerationsstadien wurde auch hier durch die jeweilige Veränderung der absoluten Schwellenwerthe charakterisirt. Die Zeit innerhalb welcher die bestimmten Regenerationsstadien verliefen, wurde hiebei (im Gegensatz zu Peschel) wohl berücksichtigt.

Die Instrumentation bei den Versuchen bestand aus:

1) einem sorgfältig geschwärzten Blendungskasten (50 cm. Länge, 20 cm. Breite, 25 cm. Höhe),

2) einer starken zweckentsprechenden Blendlaterne,

---

1) Peschel experimentirte ausschliesslich mit farbigen Gläsern.

3) einer mattgeschliffenen Glastafel, die im Kasten angebracht und intensiv erleuchtet wurde,

4) dem Bunsen'schen Spectralapparat mit den beiden Nicols,

5) einem Schiffschronometer,

6) einem Metronom, der genau und deutlich die Secunden schlug,

7) einer Auswahl bunter Glassorten, die im Kasten angebracht, von dem Licht der Glastafel erleuchtet wurden.

Die einzelnen Versuche wurden folgendermassen ausgeführt:

Nachdem ich die üblichen 15—20 Minuten im absolut dunklem Zimmer mich aufgehalten und sicher annehmen konnte, dass die Netzhaut vollständig sich adaptirt hatte, schritt ich zu den einzelnen Beobachtungen. — Um jede durch die nothwenigen Manipulationen mit dem Apparat bedingte etwaige Ermüdung der Netzhaut gänzlich ausschliessen zu können, wurde mein rechtes Auge (welches bei diesen Versuchen ausschliesslich berücksichtigt wurde) vor jeder Einzelbeobachtung nochmals auf ein bis zwei Minuten geschlossen. Hierauf wurde die Netzhaut (mac. lut.) 60 Secunden lang der Einwirkung einer bestimmten Farbe ausgesetzt, und nach Ablauf dieser Zeit die absoluten Schwellenwerthe für Roth, Grün und Violétt bestimmt. — Es wurden 3 Stadien der Regeneration berücksichtigt.

Die erste Bestimmung fiel in einen Zeitraum von 10 bis 15 Secunden (a) nach vollendeter Blendung. Zwischen der ersten und zweiten lag ein Zeitabschnitt von 40 bis 50″ (b), zwischen der zweiten und dritten eine von 50—60 Secunden (c). — Ehe ein zweiter ähnlicher Versuch gemacht wurde, war es durchaus erforderlich, das Auge von Nachbildern der früheren Lichteindrücke zu befreien, wofür 2 bis 3 Minuten genügten.

Es sind 2 Beobachtungsreihen anzuführen. Die eine entspricht einem höheren, die andere einem niederen Grade der Blendung [1]).

Im Ganzen sind über 500 Einzelbeobachtungen gemacht worden.

Die Peripherie hat insofern Berücksichtigung gefunden, als eine 30° nach innen von der fovea centralis gelegene Netzhautstelle in gleicher Weise (aber nur durch weisses Licht) geblendet wurde.

Tabelle I.

Blendung durch **rothes** Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Höherer Blendungsgrad.

1)	*a*	20°	2 + [2])	2)	20	2 +	3)	14	2 +	4)	20	2 +
	b	6			7			7			8	
	c	5			4.5			5			4	
5)	18	2 +	6)	20	2 +	7)	16	2 +	8)	15	2 +
	8			8			8			6	
	4.5			4			5			4.5	

Durchschnitt.

	∠ *α*	Verhältniss der Lichtintensitäten.
a	17° 52′ 12″	14.72
b	7° 15′ —	2.51
c	4° 33′ 45″	1.—

1) Der niedere Blendungsgrad wurde dadurch gewonnen, dass die Leuchtquelle von der Glastafel entfernt wurde und 2 Rauchgläser vorgesetzt wurden.

2) Diese Zahl bedeutet die Dauer d. gesammten Beobachtungszeit in Minuten, + einige Secunden drüber, — einige drunter.

Tabelle II.

Blendung durch **rothes** Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Niederer Blendungsgrad.

	1)			2)			3)			4)			5)		
a	11			11			9			10			10		
b	5	2 —		5	2 —		4	2 —		—	2 —		4.5	2 —	
c	3			3			3			3			3		

Durchschnitt.

	∠*a*	Verhältniss der Intensitäten.
a	10° 12′	11.44
b	4° 36′	2.37
c	3° —	1

Tabelle III.

Blendung durch **grünes** Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Höherer Blendungsgrad.

	1)			2)			3)			4)			5)		
a	9			9			8			9			8		
b	5	2 +		4	2 +		4	2 +		4	2		3	2	
c	2.5			2			2			2.5			2		

Durchschnitt.

	∠*a*	Verhältn der Intensitäten
a	8° 36′	15.17
b	4 —′	3.30
c	2 12′	1.—

Tabelle IV.

Blendung durch **grünes** Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Niederer Blendungsgrad.

	1)			2)			3)			4)			5)		
a	11			8			9			7.5			9		
b	5	2 —		4	2 —		4	2 —		4	2 —		4	2 —	
c	3			3			3			3			3		

Durchschnitt.

	∠α	Verhältn. der Intensitäten
a	8° 54′	8.73
b	4 12′	1.95
c	3 —′	1.—

Tabelle V.

Blendung durch **blauviolettes** Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Niederer Blendungsgrad.

	1)	2)	3)	4)	
a	16	23	20	18	
b	8	10	9	9.5	2+
c	6	6	6	7	

	5)	6)	7)	8)	9)	
a	20	20	16	18	20	
b	8	9	7	12	9	2+
c	6.5	6	6	6	6	

Durchschnitt.

	∠α	Verhältn der Intensitäten.
a	19°	9.18
b	9 3′	2.20
c	6 9′ 36″	1.—

Tabelle VI.

Blendung durch **blauviolettes** Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Niederer Blendungsgrad.

	1)	2)	3)	4)	5)	
a	8	—	8	9	—	
b	5	6	5	6	—	2—
c	3	3	3	3	3	

Durchschnitt.

	∠α	Verhältn der Intensitäten
a	8° 20′	7.66
b	5 30′	3.40
c	3 —′	1.—

Tabelle VII.

Blendung durch **weisses** Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Höherer Blendungsgrad.

a	1) 12		2) 14		3) 20		4) 15		5) 18		
b	7	2+	7	2+	8	2+	6	2+	7	2+	
c	4		5		4.5		5		4		

Durchschnitt.

	$\angle\alpha$	Verhältn. der Intensitäten.
a	15° 48′	11.04
b	7 —′	2.40
c	4 30′	1.—

Tabelle VIII.

Blendung durch **weisses** Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Niederer Blendungsgrad.

a	1) 8		2) 8		3) 7		4) 8		5) 7		
b	4	2—	5	2—	5	2—	—	2—	4	2—	
c	2.5		2.5		2.5		2.5		2.5		

Durchschnitt.

	$\angle\alpha$	Verhältn. der Intensitäten.
a	7° 36′	9.18
b	4° 30′	3.23
c	2° 30′	1.—

Tabelle IX.

Blendung durch **rothes** Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Grün.

Höherer Blendungsgrad.

a	1) 4		2) 4		3) 5		4) 5		5) 4		
b	2.5	2+	2	2+	—	2	2.5	2+	2	2+	
c	1		1		1.5		1		1.5		

Durchschnitt.

	Lα	Verhältn. der Intensitäten.
a	4° 24′	13.41
b	2 15′	3.23
c	1 12′	1.—

Tabelle X.

Blendung durch **rothes** Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Grün.

Niederer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	9		8		7		10		8	
b	4	2—	4	2—	4	2—	5	2—	5	2—
c	2.5		3		2.5		3		2.5	

Durchschnitt.

	Lα	Verhältn. der Intensitäten
a	8° 24′	9.61
b	4 24′	2.65
c	2 42′	1.—

Tabelle XI.

Blendung durch **grünes** Licht

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Grün.

Höherer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	6		7.5		5		8		7	
b	3	2+	4	2+	3	2+	3	2+	3	2+
c	1		1.5		1.5		2		1.5	

Durchschnitt.

	Lα	Verhältn der Intensitäten
a	6° 42′	19.61
b	3 6′	5.37
c	1 30′	1.—

Tabelle XII.

Blendung durch **grünes** Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Grün.

Niederer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	12		9		8.5		8		10	
b	8	2—	5	2—	5	2—	4.5	2	5	2
c	2		2		2.5		2		3	

Durchschnitt.

	$\angle a$	Verhältn. der Intensitäten.
a	9° 30′	16.91
b	5 30′	5.70
c	2 18′	1.—

Tabelle XIII.

Blendung durch blauviolettes Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Grün.

Höherer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	6		6		5		5		4.5	
b	4	2+	3	2+	2	2+	2	2+	2	2+
c	1.5		1.5		1		1		1.5	

Durchschnitt.

	$\angle a$	Verhältn. der Intensitäten
a	5° 18′	19.45
b	2 36′	4.69
c	1 12′	1.—

Tabelle XIV.

Blendung durch blauviolettes Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Grün.

Niederer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	9		10		8		10		10	
b	4	2—	4	2	5	2—	5	2—	5	2
c	3		2.5		3		3		2.5	

Durchschnitt.

	$\angle a$	Verhältniss der Intensitäten.
a	9° 30′	11. 4
b	4 36′	2. 8
c	2 48′	1.—

Tabelle XV.

Blendung durch weisses Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Grün.

Höherer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	12		12		10		9		11	
b	6.5	2+	6	2+	6	2+	5	2+	5	2+
c	3		3		2.5		3		3	

Durchschnitt.

	∠a	Verhältniss der Intensitäten.
a	10° 48′	13.71
b	5 42′	3.85
c	2 54′	1.—

Tabelle XVI.

Blendung durch **weisses** Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Grün.

Niederer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)		6)	
a	8		7		8		9		8		9	
b	4	2	4	2 —	5	2 —	4	2	3.5	2	5	2 —
c	2.5		3		2.5		2.5		2.5		3	

Durchschnitt.

	∠a	Verhältniss der Intensitäten
a	8° 10′	9.40
b	4 10′	2.70
c	2 40′	1.—

Tabelle XVII.

Blendung durch **rothes** Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Violett.

Höherer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	16		15		15		15		16	
b	7	2 +	8	2 +	8	2 +	7	2 +	6	2 +
c	3		3		3		3.5		3	

Durchschnitt.

	∠a	Verhältniss der Intensitäten.
a	15° 24′	13
b	6 48′	2.5
c	3 6′	1

Tabelle XVIII.

Blendung durch **rothes** Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Violett.

Niederer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	8		9		7		9		7	
b	4.5	2 —	5	2 —	4	2 —	4	2	5	2 —
c	3		3		3		2.5		2.5	

Durchschnitt

	∠α	Verhältn. der Intensitäten.
a	8° —′	8.11
b	4 30′	2.57
c	2 48′	1.—

Tabelle XIX.

Blendung durch grünes Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Violett.

Höherer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	16		16		15		14		15	
b	5	2+	6	2+	6	2+	5	2+	6	2+
c	3		3.5		3		3		3	

Durchschnitt

	∠α	Verhältn. der Intensitäten.
a	15° 12′	12.70
b	5 36′	1.70
c	3 6′	1.—

Tabelle XX.

Blendung durch grünes Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Violett.

Niederer-Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	8		7		9		8		8	
b	4	2—	5	2—	5	2—	4	2—	5	2—
c	3		2		2.3		2.5		3	

Durchschnitt.

	∠α	Verhältniss der Intensitäten.
a	8° —′	9.41
b	4 36′	3.12
c	2 36′	1.—

Tabelle XXI.

Blendung durch blauviolettes Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Violett.

Höherer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	12		12		14		12		13	
b	5	2+	4.5	2+	6	2+	5	2+	6	2+
c	2.5		3		3		2.5		3	

Durchschnitt.

	∠α	Verhältniss der Intensitäten.
a	12° 36′	19.94
b	5° 18′	3.57
c	2° 48′	1.—

Tabelle XXII.

Blendung durch blauviolettes Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Violett.

Niederer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	8		6		7		7		6	
b	5	2—	4	2	5	2—	4	2—	3	2—
c	3		2.5		2·5		2.5		2.5	

Durchschnitt.

	Lα	Verhältuiss der Intensitäten.
a	6° 48′	6.81
b	4 12′	2.60
c	2 36′	2.—

Tabelle XXIII.

Blendung durch weisses Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Violett.

Höherer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	17		16		14		16		17	
b	6	2+	5	2+	7	2+	7	2+	5	2+
c	3		3		3.5		3		3	

Durchschnitt.

	∠α	Verhältniss der Lichtintensitäten.
a	16° —′ —″	14.—
b	6° –′ —	2.—
c	3° 6′ –″	1.—

Tabelle XXIV.

Blendung durch weisses Licht.

Absolute Schwellenwerthe für spectrales Violett.

Niederer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	14		10		12		12		11	
b	6	2	5	2	5	2	7	2	2	2
c	3.5		3.5		3		3		3.5	

Durchschnitt.

	∠α	Verhältn. der Intensitäten.
a	11° 48′	12.62
b	5° 48′	3.08
c	3° 18′	1.—

Das Verhältniss der Lichtintensitäten in verschiedenen Stadien der Regeneration ist in der folgenden Tabelle übersichtlich dargestellt:

Glas.		Weiss.[1]			Roth[1].			Grün[2].			Violett[3].		
Spectrales		R.	Gr.	V.	R.	Gr.	V.	R.	Gr.	V.	R.	Gr.	V.
Höherer Blendungsgrad	*a.*	12.04	13.7	14	14.72	13.41	13.0	15.17	19.61	12.7	9.18	19.45	19.94
	b.	2.40	3.8	2	2.51	3.23	2.5	3.30	5.37	1.7	2.2	4.69	3.57
	c.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Niederer Blendungsgrad	*a.*	9.18[8]	9.4	12.62	11.44[4]	9.61	8.11	8.73[5]	16.91	9.41	7.66[6]	11.4	6.6
	b.	3.23	2.7	3.08	2.37	2.65	2.58	1.95	5.70	3.12	3.40	2.80	2.6
	c.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1) Fig 1 a. 2 Fig. 2 a. 3) Fig. 3 a. 7) Fig. 4 a } Taf. II.
4) Fig. 1 b 5) Fig. 2 b. 6) Fig. 3 b. 8) Fig. 6 b. }

Tabelle XXV.

Blendung einer 30° nach innen von der Macula lutea gelegenen Netzhautstelle durch weisses Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Höherer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	22		20		22		20		21	
b	10	2+	11	2+	11	2+	14	2+	15	2+
c	4		4.5		4		4.5		4	

Durchschnitt.

	∠*a*	Verhältn. der Intensitäten.
a	21° —′	23.94
b	12 12′	8.32
c	4 12′	1.—

Tabelle XXVI.

Blendung einer 30° nach innen von der Macula lutea gelegenen Netzhautstelle durch weisses Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Niederer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	8		7		9		8		10	
b	4	2—	—	2—	5	2—	3	2—	5	2—
c	2		2.5		2.5		2		2	

Durchschnitt.

	∠*a*	Verhältniss der Intensitäten.
a	8° 24′	14.48
b	4 15′	3.72
c	2 12′	1.—

Tabelle XXVII.

Blendung einer 30° nach innen von der Macula lutea gelegenen Netzhautstelle durch weisses Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Höherer Blendungsgrad.

	1)		2)		3)		4)		5)	
a	14		12		16		15		16	
b	6	2+	5	2+	7	2+	7	2+	7	2+
c	3		3		3		3		3	

Durchschnitt.

	∠*a*	Verhältniss der Intensitäten.
a	14° 36′	23.197
b	6 24′	4.536
c	3 —,	1.—

Tabelle XXVIII.

Blendung einer 30° nach innen von der Macula lutea gelegenen Netzhautstelle durch weisses Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Roth.

Niederer Blendungsgrad.

a	1)	5			2)	5			3)	6			4)	5			5)	6		
b		2	2 —			3	2 —			—	2 —			—	2 —			2	2 —	
c		1.5				1.5				1.5				1.5				1.5		

Durchschnitt.

	∠*a*	Verhältniss der Intensitäten
a	6° 24′	18.13
b	2° 20′	2.41
c	1° 30′	1.—

Tabelle XXIX.

Blendung einer 30° nach innen von der Macula lutea gelegenen Netzhautstelle durch weisses Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Violett.

Niederer Blendungsgrad.

a	1)	10			2)	10			3)	8			4)	8			5)	9		
b		4	2 —			4.5	2 —			4	2 —			4	2 —			4	2 —	
c		3				3				3				3				3		

Durchschnitt.

	∠*a*	Verhältn. der Intensitäten
a	9° —′	8.93
b	4 6′	1.86
c	3 —′	1.—

Tabelle XXX.

Blendung einer 30° nach innen von der Macula lutea gelegenen Netzhautstelle durch weisses Licht.

Die absoluten Schwellenwerthe für spectrales Violett.

Höherer Blendungsgrad.

a	1)	22			2)	25			3)	30			4)	28			5)	21		
b		10	2 +			15	2 +			12	2 +			14	2 +			11	2 +	
c		5				6				5				4.5				6		

Durchschnitt.

	∠*a*	Verhältn. der Intensitäten
a	25° 12′	21.24
b	12 24′	5.40
c	5 18′	1.—

Verhältniss der Lichtintensitäten in den verschiedenen Regenerationsstadien bei Blendung einer 30° nach innen von der Macula lutea gelegenen Netzhautstelle durch weisses Licht.

Blendung durch Weiss.

	Roth.	Grün.	Violett.
	Höherer Blendungsgrad.		
a.	23.94	23.19	21.24
b.	8.32	4.53	5.40
c.	1	1	1
	Niederer Blendungsgrad.		
a.	14.48	18.13	8.93
b	3.72	2.41	1.86
c.	1	1	1

Wie sind nun die Resultate unserer Beobachtungen zu commentiren? — Wenn wir im Sinne der Young'schen Theorie annehmen wollten, dass die Ermüdung resp. Erholung in jeder der 3 hypothetischen Fasergattungen ein gewissermassen selbstständiger, von den beiden anderen unabhängiger Vorgang ist, so würde solches mit unserer Erfahrung nicht übereinstimmen. Wir sehen vor allen Dingen, dass alle 3 Fasergattungen bei Erregung durch bestimmtes Licht nahezu gleich afficirt sind und ermüden. Es wäre dieses somit kein Beleg für die Young-Helmholtz'sche Anschauung. – Zweitens wird der Grad der Ermüdung und die Energie der Regenerationsvorgänge durch die Intensität des afficirenden Lichtes bedingt. Je stärker die Affection, desto grösser die Ermüdung, desto energischer der Regenerationsvorgang. Leider kann unbedingtes Vertrauen nur denjenigen Aufzeichnungen geschenkt werden, wo die Blendungen durch rothes Licht geschahen.

Das rothe Kobaltglas liess nur spectrales Roth und keine andere Farbe des Spectrums durch. Das grüne Glas liess dagegen alle Farben des Spectrums durch, natürlich vorwiegend grün; das blauviolette etwas roth und grün, sehr viel Blau und Violett.

Betrachten wir nun die einzelnen Curven, so finden wir (Taf. II Fig. 1 a u. 1 b), dass bei Blendung durch rothes Licht Roth am meisten afficirt erscheint, Grün und Violett in geringerem Maasse. — Dem entsprechend ist die Regenerationscurve für Roth steiler als die beiden anderen.

Dieses trifft sowohl bei höherem, als auch bei niederem Blendungsgrade zu. — Auffallend ist, dass bei Blendungen mit grünem Licht (cf. Fig. 2 Taf. II), bei höherem Blendungsgrade unter den Farben Roth und Violett, das Roth, bei niederem das Violett mehr afficirt erscheint. Bei Blendungen durch Blauviolett, bei höherem Blendungsgrade das Violett und das Grün nahezu gleich afficirt sind, bei niederem Blendungsgrade aber das Grün mehr.

Unmittelbar aus dem Verlauf der Curven einen Schluss ziehen zu wollen, welcher die Färbung der Nachbilder resp. das farbige Abklingen derselben erklären sollte, erscheint mir unzulässig, da hier nur die absoluten Reizschwellen gemessen worden.

Rufen wir uns wieder Hering in's Gedächtniss, welcher die jeder Farbenempfindung vorangehende unbestimmte Helligkeitsempfindung durch die Einwirkung homogener Lichtstrahlen auf die schwarzweisse Substanz erklärt wissen will, so finden wir unsere Versuchsresultate damit im Widerspruche. Wäre seine Ansicht richtig, so würden die Ermüdungs- resp. Erholungscurven für Roth, Grün und Violett bei derselben Blendungsart durch weisses Licht zusammenfallen, eine die andere decken.

Vergleichen wir nun die Resultate der Untersuchungen von Peschel. Wie ich schon früher erwähnt habe, bestimmte er das Verhältniss der Wahrnehmbarkeit von je zwei Farben in denselben Stadien der Adaptation nach vorangegangener Blendung durch verschiedenfarbiges Licht. Die Adaptationszeit und die relative Dauer seiner Experimente hat er hiebei nicht gemessen.

Betrachten wir z. B. die Verhältnisse, wie sie durch Blendung mit rothem Lichte geschaffen werden. In der Tabelle B [1]) sind die Verhältnisse der Wahrnehmbarkeit von Grün zu Violett nach Dämpfung durch rothes Licht verzeichnet. Ich führe hier die Zahlen an, die das Verhältniss der Lichtintensitäten geben.

1 gr. zu
6.087 v.
6.537 „
7.175 „
8.170 „
9.945 „
17.94 „
6.246 „

Es ist also bei Dämpfung der Netzhaut durch rothes Licht die Empfindlichkeit für Grün in allen Stadien der Adaptation grösser, als die für Violett.

Das Verhältniss von Roth zu Violett ist

1 r. zu
5.752 v.
5 754 „
6.537 „
3.586 „
3.301 „
0.6947 „

1) Peschel. cf. Pflüger u. s. w Bd. XXI. 1880. pg. 415.

Es ist also die Netzhaut für rothe Strahlen empfindlicher als für violette.

Nach Peschel verhält sich nach Blendung durch rothes Licht, Roth zu Grün.

1. r. zu
0.9718 gr.
1.0 „
0.3606 „
0.1979 „
0.1112 „

In den verschiedenen Stadien der Adaptation wäre somit nach Dämpfung mit rothem Lichte die Empfindlichkeit für Grün grösser als die für Roth.

Die übrigen Daten könnten auf ähnliche Weise verglichen werden.

Zuletzt noch ein paar Worte über die Verhältnisse in der Peripherie der Netzhaut. — Vergleichen wir Centrum und Peripherie, so fällt uns zunächst in letzterem Falle die grössere Steilheit der Regenerationscurven bei derselben Blendungsart in die Augen. Es scheint, als ob die Netzhautperipherie stärker afficirt werde, bedeutender ermüde, doch sich eben so rasch wieder erhole, was bei der höheren Empfindlichkeit derselben auch nicht Wunder zu nehmen ist. — Bemerkenswerth ist, dass bei den verschiedenen Blendungsgraden das Verhältniss der Regeneration für Roth und Grün in den späteren Adaptationsstadien ein anderes ist. — Peschel giebt für Grün und Violett bei Dämpfung durch weisses Licht folgendes Verhältniss an:

1 gr. zu
14.93 v.
16.22 „

1 gr. zu
13.59 v.
12.89 „
11.75 „
10.40 „
7.544 „
6,246 „

Auch für Roth giebt Peschel dem Violett gegenüber eine höhere Empfindlichkeit an. Meinen Erfahrungen nach möchte ich nun im Allgemeinen den Satz aussprechen, dass bei gleichbleibender Qualität, aber verschiedener Intensität des blendenden Lichtes, das Verhältniss der Regeneration für die einzelnen Empfindungsqualitäten nicht ein gleiches zu sein braucht, und dass bei gleichbleibender Qualität und Intensität der Blendung, der Regenerationsmodus für die einzelnen Empfindungsqualitäten im Centrum und in der Peripherie der Netzhaut ein verschiedener ist (cf Taf. II, und III Fig. 4a, 4b, 5a, 5b).

Ein sicherer Vergleich zwischen den Versuchsresultaten Peschel's und den meinigen wäre demnach nur dann möglich, wenn der Grad der Blendung in beiden Fällen als derselbe sich erweisen würde.

Schlussbemerkungen.

Dass die Resultate unserer Arbeit für die Lehre von der Empirie der Sinneswahrnehmungen gewisse Bedeutung beanspruchen können, liegt auf der Hand.

Was zunächst den Raumsinn anbetrifft, so erweist sich das Verhalten der Peripherie der Netzhaut und das des Centrums vollständig verschieden. Aus allen Versuchen [1]) geht es klar hervor, dass die Macula lutea, sei es durch ihre histologische Structur, sei es durch andere uns unbekannte physiologische und psychologische Momente in bedeutend günstigere Verhältnisse gestellt ist, als die Peripherie der Netzhaut. Die excentrische Sehschärfe ist äusserst gering.

In der Peripherie bekommen wir von einem Gegenstande nur einen Lichteindruck, sei es farbiger, sei es einfacher Art; die Umrisse desselben sind verschwommen, es wird unsere Aufmerksamkeit auf denselben gelenkt, die Macula lutea demselben zugedreht. —

Welches ist nun das ursächliche Moment, das dieser eigenthümlichen Erscheinung zu Grunde liegt? Selbstverständlich wird die Erklärung Jedem die geläufigste sein, welche auf sichtbare, ich möchte sagen, greifbare anatomische Verhältnisse fusst. — Die Annahme, dass einer Gleichwerthigkeit der Functionen in verschiedenen Theilen

1) cf. pg. 24 - 53.

der Netzhaut, — Gleichartigkeit der histologischen Textur der perceptionsfähigen Organe zu Grunde liege, ist eine durchaus berechtigte; daher liegt es nahe, die Ursache für den Unterschied im Verhalten der Peripherie und des Centrums in ihrer verschiedentlichen Structur zu suchen. — Es haben auch sorgfältige Untersuchungen auf diesem Gebiete ergeben, dass Peripherie und Centrum bedeutende Unterschiede aufweisen. Während in der fovea centralis die Menge der Zapfen prädominirt, hat die Anzahl derselben in der Netzhautperipherie bedeutend ab-, die der Stäbchen dagegen zugenommen. Wird nun jenes oben erwähnte eigenthümliche Verhalten des Centrums der Peripherie gegenüber in Erwägung gezogen, so ist es naheliegend, die geringe periphere Sehschärfe einer entsprechenden Abnahme der Zapfenzahl zuzuschreiben, somit die Zapfen als diejenigen Elemente anzusehen, denen die Raumempfindung, die Differenzirung, das Zerlegen der Eindrücke zukommt, die Stäbchen aber als diejenigen, denen es obliegt auf Lichtunterschiede zu reagiren.

Letzteres werden wir weiter unten besprechen. Berücksichtigen wir ferner einzelne Netzhauttheile, so finden wir, dass die die fovea centralis zunächst umgebenden Puncte nahezu gleiche Sehschärfe besitzen [1]) und hierin weniger von einander abweichen, als mehr peripherisch gelegene Stellen. Wenn wir daher einen Gegenstand fixiren, so nehmen wir keinen geometrischen Punct, sondern den betreffenden Gegenstand mit seiner Umgebung wahr, lernen somit das Verhältniss desselben zu seiner Umgebung kennen.

Noch ein Factum erheischt unsre Aufmerksamkeit: das Unterscheidungsvermögen der Netzhaut im horizontalen Meridian ist mehr ausgesprochen als im verticalen [2]), eine

1) cf. pg. 52.
2) cf. pg. 43.

Erscheinung, die in dem Einflusse individueller Uebung begründet erscheint. Die Wahrnehmung horizontaler Gegenstände geht leichter von Statten, als die verticaler. Seitenbewegungen sind uns geläufiger, als Hebungen und Senkungen der Blicklinien. Ferner ist eine gewisse Abhängigkeit der Peripherie vom Centrum insofern nicht zu verkennen, als bei vermehrter Thätigkeit des Centrums gleichzeitig die Function der Peripherie modificirt, weniger energisch sich erweist [1]).

Das Verhältniss, in welchem die Functionen der Peripherie und des Centrums der Netzhaut zu einander stehen, die Bedeutung der peripheren Sehschärfe sind am besten an der Hand gewisser pathologischer Zustände zu eruiren. Wir sehen, dass bei Augenaffectionen, bei welchen die Thätigkeit des Netzhautcentrums entweder gänzlich aufgehoben oder doch bedeutend herabgesetzt ist, die Energie der Netzhautfunctionen in der Peripherie zunimmt (centrales Scotom), wodurch in manchen Fällen statt der Macula lutea die anliegende Partie der Retina zur Fixation benutzt wird.

Was jetzt die Farbenempfindung der Peripherie anbetrifft, so sind wir im Allgemeinen zu folgender Behauptung berechtigt. Die Farben als solche werden in den peripheren Theilen anders empfunden, als im Centrum der Netzhaut [2]). Bei sonst gleichen Verhältnissen erkennen wir von den Pigmenten am leichtesten und folglich am weitesten Violett als Blau, dann Roth als Gelb und endlich Grün als Gelb [3]).

Auch der äussersten Peripherie kann man jede Farbenempfindung nicht absprechen, da bei gehöriger Grösse

1) cf. pg. 16.
2) cf. pg. 55.
3) cf. pg. 59.

des untersuchten Farbenfeldes auch hier eine Farbenempfindung und zwar eine der centralen mehr oder weniger gleichkommende zu constatiren ist [1]).

Nach einer allgemein verbreiteten Ansicht werden die Zapfen als diejenigen Elemente bezeichnet, denen die Farbenempfindung zu Grunde liegt; es wurde daher die gewissermassen unvollkommene Farbenempfindung der peripheren Netzhautparthien durch den Umstand erklärt, dass die Zapfen hier in geringerer Menge vorhanden, und durch Fehlen bestimmter farbenempfindender Elemente an bestimmten Stellen der Netzhaut die betreffende Form von Farbenblindheit resultire. Dass diese Annahme mit den Resultaten unserer Arbeit nicht in Einklang zu bringen ist, wird jedem einleuchten. Wo wäre die höhere Empfindlichkeit der Peripherie zu erklären, wenn die Annahme, die Zapfen seien die farbenempfindenden Elemente, für uns die massgebende bliebe? Auch eine Farbenblindheit der Peripherie, welcher Form sie auch sei, ein gänzliches Fehlen bestimmter farbenempfindender Elemente können wir nicht befürworten, zeigen unsre Daten doch, dass die Peripherie für alle Farben empfänglich [2]) ist.

Solange man aber annimmt, dass man es überall mit denselben 3 Arten farbenempfindender Elemente zu thun hat, werden diese Thatsachen allenfalls die von Raehlmann und Fick aufgestellte Erklärung zulassen. Diese besteht bekanntlich in der Annahme, dass in den peripherischen Netzhautparthien die Erregbarkeit jeder Fasergattung sich so ändre, dass es immer geringere Unterschiede für die verschiedenen Theile des Spectrums zeige. So würde schliesslich jede Lichtart alle drei Elemente nahezu gleich stark afficiren und daher weiss erscheinen.

1) cf. pg. 77.
2) cf. pg. 94

Durch die höhere Empfindlichkeit der Peripherie[1]) werden die Farbenübergänge eo ipso erklärt (cf. pg. 94), denn wenn ein Reiz in gleicher Intensität vom Centrum zur Peripherie fortschreitet, so muss er, wenn er empfindlichere Stellen trifft, ähnliche Uebergänge bewirken, wie derselbe Reiz, wenn an derselben Stelle der Netzhaut seine Intensität gesteigert wird.

Wie wäre jetzt die Erscheinung, dass dieselben Aetherschwingungen, die im Centrum z. B. die Empfindung roth auslösen, in der Peripherie aber die Empfindung gelb bedingen, der Hering'schen Theorie gemäss zu erklären?

Nach Hering existiren bekanntlich drei Farbenpaare: das roth-grüne, das gelb-blaue und das weiss-schwarze Roth, Gelb, Weiss für die Dissimilirung, Grün, Blau, Schwarz für die Assimilirung.

NB. Alle Leistungen unsres Körpers sind an Verbrauch von Stoff geknüpft. Der Verbrauch aber erfordert Ersatz. Verbrauch (Dissimilirung), Ersatz (Assimilirung) in der Sehsubstanz sind die Vorgänge, die nach Hering unsere Empfindungen bedingen.

Wir sehen also, auch hier können die Farbenübergänge, der Umstand, dass Blau und Gelb die Farben sind, die peripherisch am leichtesten erkannt werden, nur durch die Annahme erklärt werden, dass an peripheren Netzhautparthien die roth-grüne Substanz vollständig fehle, resp. in minderer Menge vorhanden sei (cf. Woinow), eine Annahme, die, wie wir schon oben erwähnt, mit den Resultaten unsrer Arbeit unvereinbar ist. Auch die Peripherie ist für Roth und Grün empfänglich. Zwar könnte Hering die Empfindlichkeit der Peripherie für Roth und Grün nur eine scheinbare nennen und diese Thatsache

1) cf. pg. 94.

durch Einwirkung der betreffenden homogenen Strahlen auf die schwarz-weisse Substanz erklären; wie wäre aber hiermit die Erscheinung in Einklang zu bringen, dass die Peripherie empfindlicher ist als das Centrum, und dass die Empfindlichkeit der Peripherie für Roth und Grün nicht mit gleicher Geschwindigkeit wachse und abnehme. Wäre die Erklärung nach Hering richtig, so müsste in beiden Fällen die Reaction dieselbe sein. Was nun die höhere Empfindlichkeit der Peripherie im Allgemeinen und die höhere Lichtempfindlichkeit [1]) im Besondern anbetrifft, so ist dieselbe der grossen Stäbchenmenge in diesen Theilen der Netzhaut zuzuschreiben, den Stäbchen, die als lichtempfindende, gegen Lichtunterschiede reagirende Elemente anzusehen sind. Hier also, wo eine beträchtliche Verminderung der Raumempfindung zu constatiren ist, liegt eine Vermehrung der Lichtempfindlichkeit vor. Dass ein solches Verhältniss in hohem Grade für die Orientirung im Raume von Bedeutung sein muss, ist verständlich. Jede Veränderung der Objecte im Gesichtsfelde, die mit Veränderung der Helligkeit verbunden ist, erregt unsre Aufmerksamkeit, es kommen Blickbewegungen zu Stande, die nach Panum u. A. Reflexe sind.

Wäre die Annahme richtig, die Peripherie sei weniger empfindlich, als das Centrum der Netzhaut, gar Manches würde uns entgehen, welches jetzt unsere Aufmerksamkeit auf sich lenkt.

Dieses kann wiederum an der Hand eines pathologischen Falles demonstrirt werden. Bei der Hemeralopie, der Nachtblindheit sinkt bei Abnahme der Beleuchtung das Sehvermögen rascher, als dies bei normalen Augen der Fall

---

1) cf. pg. 98.

ist, während bei genügenden Lichtintensitäten die Sehschärfe ganz normal ist.

In der Dämmerung, bei trübem Wetter, ist die Empfindlichkeit der Netzhaut, speciell der Peripherie herabgesetzt, das Gesichtsfeld beschränkt. Die Kranken sind in ihrer Orientirung im höchsten Grade beeinträchtigt.

Es besteht also zwischen der Energie des Raumsinnes der Netzhautperipherie und der Empfindlichkeit gegen weisses sowie farbiges Licht, ein eigenthümlicher, aber höchst wichtiger Zusammenhang, der von der grössten physiologischen Bedeutung ist.

Die Sehschärfe der Peripherie ist herabgesetzt, die absolute Empfindlichkeit für Licht jeder Wellenlänge erhöht. Während wir räumliche Dimensionen nicht so gut mit der Peripherie, besser mit dem Netzhautcentrum erfassen und so von vornherein den uns auffallenden Gegenständen gewissermassen unbewusst die macula lutea entgegenführen, ist die höhere Empfindlichkeit der Netzhautperipherie geeignet, uns auf jede Aenderung im Gesichtsfelde am Unterschiede der Helligkeit aufmerksam zu machen. Wir haben es hier gewissermassen mit einem Zusammenwirken, einem Sichergänzen zweier verschiedener physiologischer Thätigkeiten zu thun.

Was nun die Versuchsresultate anbetrifft, die ich bei den Untersuchungen über Adaptation der Netzhaut für Farben nach Blendungen [1]) zu verzeichnen habe, so sind dieselben weder mit der Helmholtz'schen, noch mit der Hering'schen Anschauung in Einklang zu bringen. Die obenerwähnten Thatsachen werden aber weder unerklärlich noch widersprechend erscheinen, sobald wir die photoche-

1) cf. pg. 133.

mische Hypothese zu Hilfe nehmen. Sowohl Exner[1]) wie Kühne[2]) haben durch geeignete Versuche den Nachweis geliefert, dass der Sehact in der Netzhaut chemische Vorgänge bedinge, und dass beim Sehen ein Vorrath von Sehstoffen verzehrt werde. Die Sehsubstanz, resp. die einzelnen Sehstoffe können nun in grösserer oder geringerer Menge vorhanden sein, durch eine bestimmte Blendungsart auf eine bestimmte Weise verbraucht werden. Durch die Blendung wird die Netzhaut in einen Zustand versetzt, der die absoluten Schwellenwerthe einer jeden Lichtart erhöht; die Netzhaut ist, wie wir es nennen, weniger empfindlich geworden.

Die Sehsubstanz muss etwas complicirtes sein. Durch die Blendung erfolgen chemische Umsetzungen, verschieden je nach Art der Blendung, doch so, dass die Empfindlichkeit für jede Lichtart in quantitativ verschiedener Weise herabgesetzt wird. Blenden wir die Netzhaut beispielsweise durch rothes und durch grünes Licht, so werden, der verschiedenen Qualität des blendenden Lichts entsprechend, die chemischen Umsetzungen in beiden Fällen andere sein, doch wird die Empfindlichkeit für Licht jeder Qualität in jedem Falle herabgesetzt, d. h. bei Blendung mit rothem Licht nicht nur für Roth allein, sondern auch für Grün, Violett etc., bei Blendung mit grünem Licht nicht nur für Grün, sondern auch für Roth, Violett etc. In beiden Fällen ist das quantitative Verhältniss, in welchem die Empfindlichkeiten für die einzelnen Lichtarten herabgesetzt werden, natürlicherweise ein anderes.

---

1) Exner. Pflüger's etc. Bd. XVI, pg. 407 und ebendas. Bd. XX, pg. 614.

2) Kühne. Beobachtuugen über Druckblindheit. — Untersuchungen des phys. Institut's zu Heidelberg. Bd. II, pg. 46.

Wir könnten auf diese Weise mit Peschel annehmen, dass durch die Einwirknng des primären Lichtes nicht etwa alle die verschiedenen Farbenempfindungen wach gerufen werden, sondern nur die Empfindlichkeit für nunmehr reagirendes Licht irgend welcher Qualität herabgesetzt wird. Der Regenerationsmodus würde natürlich je nach Art der vorangegangenen chemischen Umsetzungen in jedem Falle auch ein anderer sein.

Berichtigung.

Pg. 21 unten

statt: Hensen und Völkers. Experimentaluntersuchung über den Mechanismus der Accommodation. 1881. Archiv für Augenheilkunde. Bd. X. 3. 4. pg. 342.

liess: Kiel 1868, und A. f. O. XIX.1 pg. 156.

Pg. 119 oben

statt: Niederer Blendungsgrad,

liess: Höherer Blendungsgrad.

Thesen.

1) Die physiologischen Grenzen der Netzhaut fallen mit den anatomischen zusammen.

2) Bestimmungen der excentrischen Sehschärfe haben geringen practischen Werth.

3) Ihrer Subtilität wegen ist die Raehlmann'sche Methode der Untersuchung von Farbenblinden nur mit grösster Vorsicht anzuwenden.

4) Dem Schwindsüchtigen ist eine systematische Kumyss-Cur nicht dringend genug zu empfehlen.

5) Bei der Behandlung der Rachenaffectionen, speciell der diphtheritischen ist die Irrigation der Pinselung vorzuziehen.

6) Bei der Wahl eines Berufes sollte mehr Rücksicht auf die Leistungsfähigkeit der Augen genommen werden.

Erklärungen zu den graphischen Darstellungen.

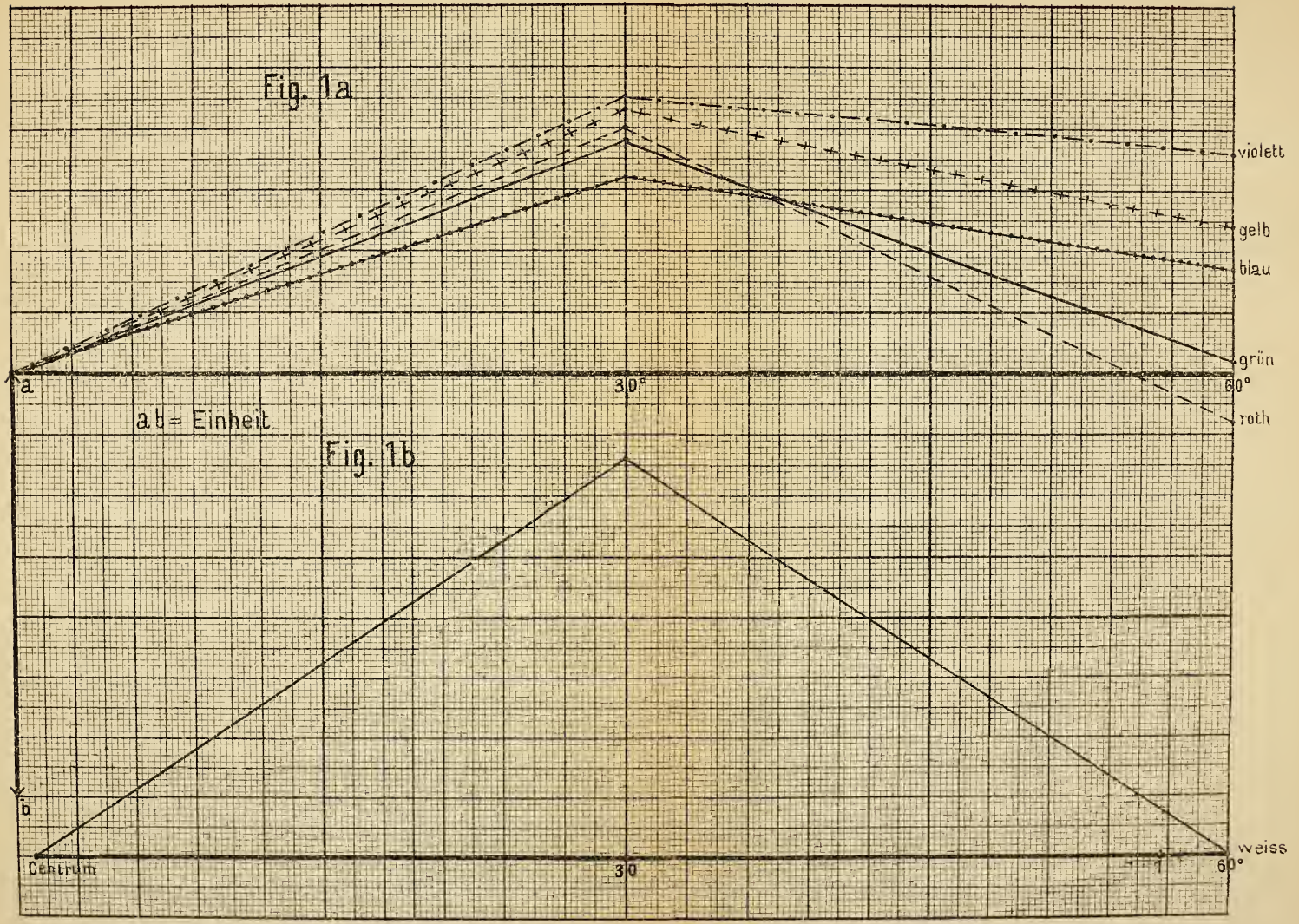
A. Auf Tafel I findet sich die graphische Darstellung der absoluten Schwellenempfindlichkeiten im Netzhautcentrum, unter 30° und unter 60° Entfernung von der fovea centralis: Fig. 1*a* für Violett, Gelb, Blau, Grün, Roth. Fig. 1*b* für Weiss. Als Maasstab diente die Linie *a b*, als Einheit die Empfindlichkeit im Centrum;

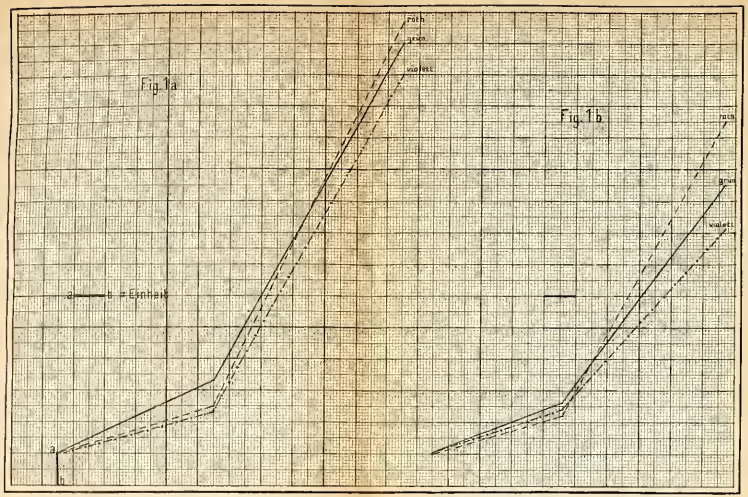
B. Auf Taf. II ist dargestellt die absolute Schwellenempfindlichkeit des Netzhautcentrums für Roth, Grün, Violett, in 3 verschiedenen Stadien der Regenerktion nach Blendungen. I) Fig 1*a* nach Blendung durch rothes Licht höherer, Fig. 1*b* niederer Intensität. II) Fig. 2*a* nach Blendung durch grünes Licht höherer, Fig. 2*b* niederer Intensität. III) Fig 3*a* nach Blendung durch blau-violettes Licht höherer, Fig. 3*b* niederer Intensität. IV) Fig 4*a* nach Blendung durch weisses Licht höherer, Fig. 4*b* niederer Intensität. Auf den Ordinaten sind die Werthe der absoluten Schwellenempfindlichkeiten des Netzhautcentrums für die Farben Roth, Grün, Violett in bestimmten Stadien der Regeneration verzeichnet. Als Massstab galt die Linie *a b*, als Einheit die Empfindlichkeit im ersten Stadium der Regeneration. Auf den Abscissen sind die Zeiten 10″ resp. 15″; 50″ resp. 65″; 100″ resp. 125″ nach stattgehabter Blendung vermerkt. Die kleineren Zahlen für den niederen, die grösseren für den höheren Blendungsgrad. $^1/_{10}$ ab = 1 Secunde.

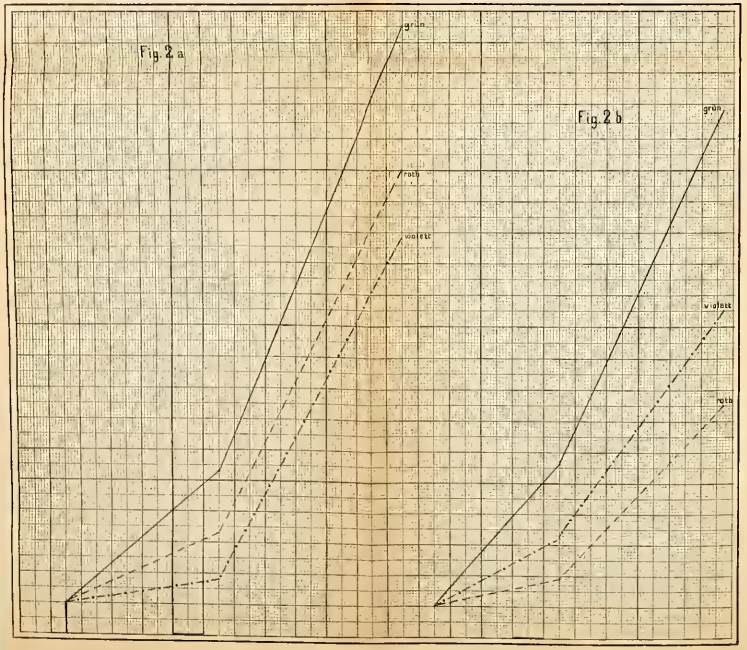
C. Auf Taf III finden wir dasselbe für eine 30° nach innen von der fovea centralis gelegenen Netzhautstelle. Die Blendung geschah durch weisses Licht höherer (Fig. 5*a*) und niederer Fig 5*b*) Intensität.

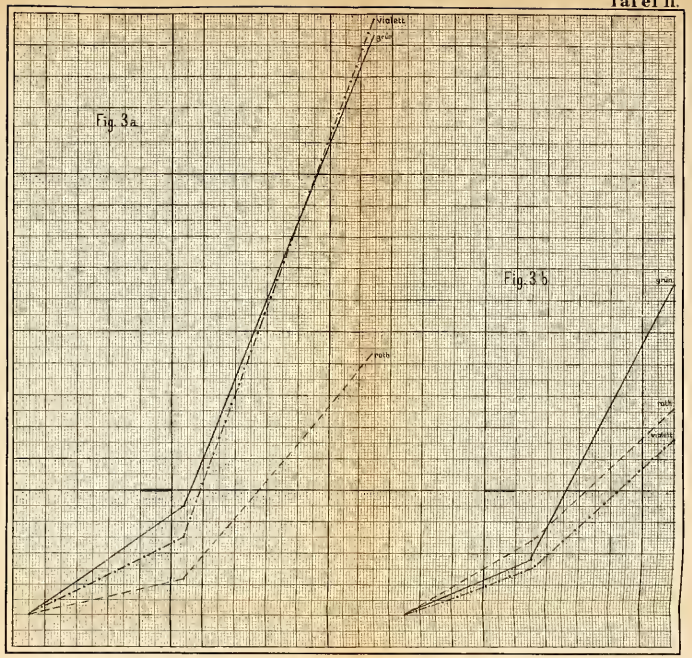
Die Absolute Schwellenempfindlichkeit im Netzhautcentrum, unter 30° und unter 60° Entfernung von der fovea centralis für Violett, Gelb, Blau, Grün, Roth, Weiss.

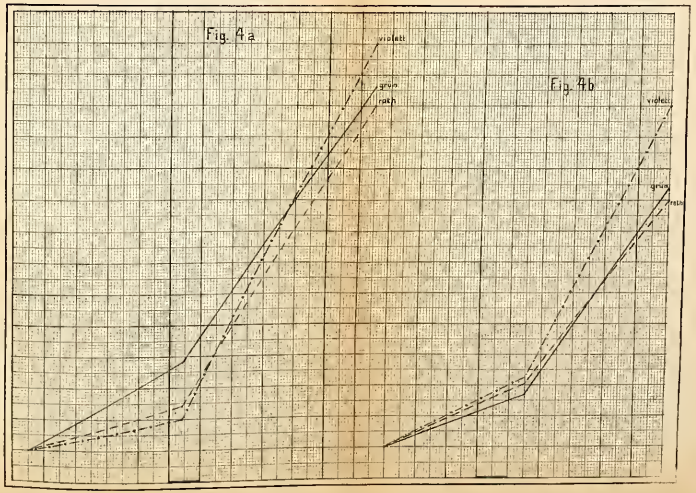
Tafel I.



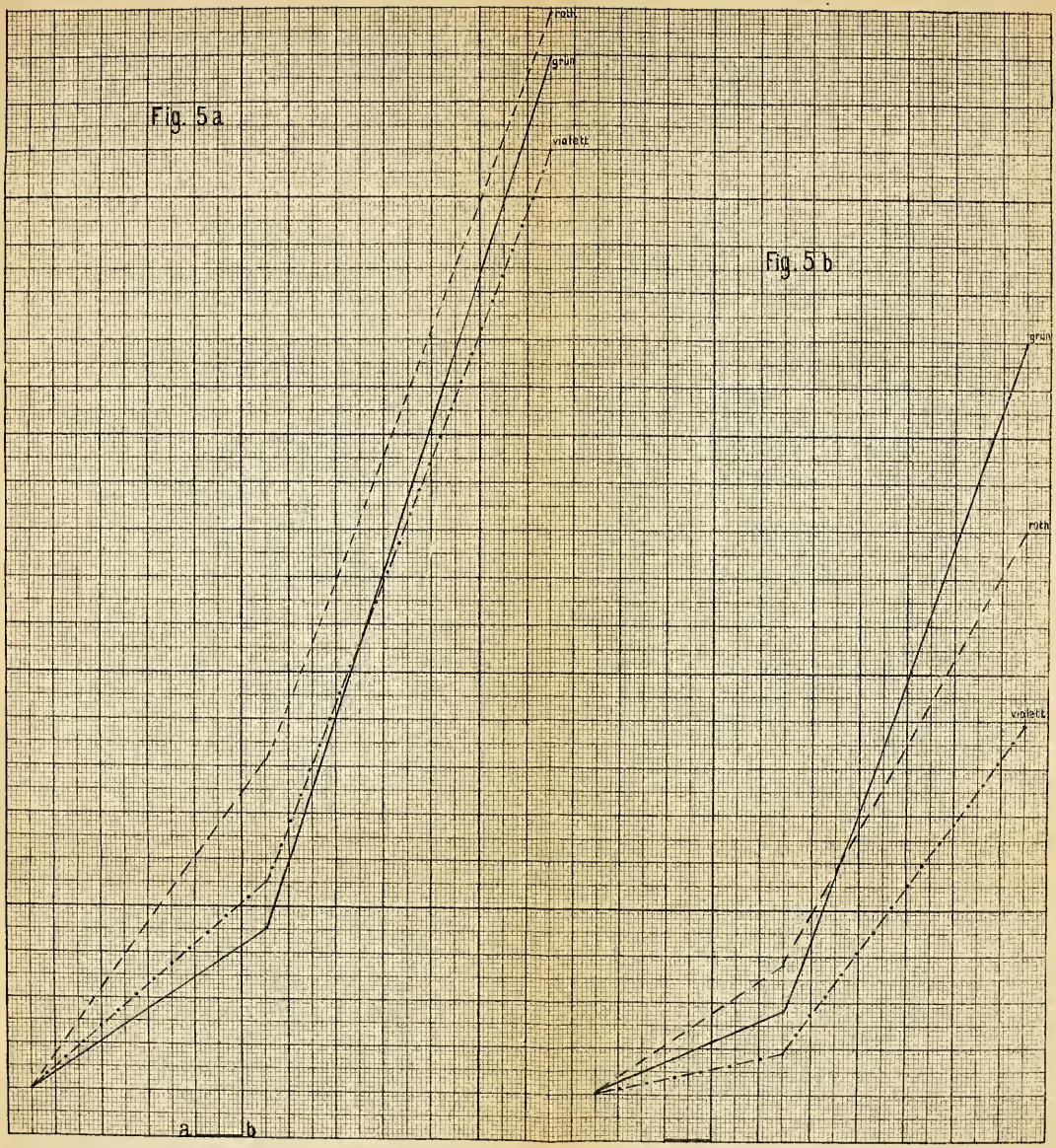








Lith. v. H. LEHMANN, Dorpat



Lith. v. H. LAAKMANN, Dorpat.

COLUMBIA UNIVERSITY LIBRARIES

This book is due on the date indicated below, or at the expiration of a definite period after the date of borrowing, as provided by the rules of the Library or by special arrangement with the Librarian in charge.

DATE BORROWED	DATE DUE	DATE BORROWED	DATE DUE
	OCT 29 1945		
MAY	3 1946		
C28(1141)M100			

WP479 Still on shelf? B98

Butz

Untersuchungen über die physiologischen functionen der peripherie der netzhaut...

OCT 29 1945